

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukce sněhové frézy pro zahradní traktor

Construction of the Snowblower for Garden Tractor

Student:	Bc. Tomáš Polášek
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Polášek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Konstrukce sněhové frézy pro zahradní traktor**
Construction of the Snowblower for Garden Tractor

Zásady pro vypracování:

Navrhněte přídatnou sněhovou frézu k zahradnímu traktoru pro odklizení sněhové pokrývky. Sněhová fréza bude připevněna k přednímu závěsu traktoru a poháněna klínovým řemenem z řemenice určené pro pohon sekacího nože. Fréza bude schopna odklízet sněhovou vrstvu o výšce 0,3m při jezdové rychlosti 1,3km/h. Bližší specifikaci provozních podmínek a parametrů určí EVEKTOR spol. s.r.o. Zpracujte stručnou rešerši řešeného problému, technickou a výpočtovou zprávu včetně výkresové dokumentace v odpovídajícím rozsahu (rozsah upřesní vedoucí práce).

Seznam doporučené odborné literatury:

- KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8
KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8
LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra-pedagogické nakladatelství, 2003, ISBN 80-86490-74-2

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19. 5. 2014

Handwritten signature in blue ink, reading "Petr Štěpánek".

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19. 5. 2014



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Tomáš Polášek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hradská 280

Lukov 763 17

Anotace diplomové práce

POLÁŠEK, T. *Konstrukce sněhové frézy pro zahradní traktor: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, 70 s. vedoucí práce Kubín, T.

Diplomová práce se zabývá konstrukcí přídavné sněhové frézy pro zahradní traktor. Úvodní část diplomové práce zahrnuje přehled a rozdělení sněhových fréz. Také příklady vyráběných fréz s popisem a parametry. V praktické části je proveden samotný konstrukční návrh s využitím metodiky konstruování. Následující kapitoly popisují konstrukci jednotlivých částí a jsou doplněny obrázky nebo schémata. Dále jsou provedeny návrhové, kontrolní a pevnostní výpočty součástí a mechanismů. V přílohách jsou rozměrové a pevnostní výpočty ozubení generované grafickým systémem, pevnostní analýza hřídele pomocí metody MKP a požadovaná výkresová dokumentace.

Annotation of Master Thesis

POLÁŠEK, T. *Construction of the Snowblower for Garden Tractor: Master Thesis*. Ostrava: VŠB- Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2014, 70 p. Thesis head Kubín, T.

This thesis is about construction of additional snow blower for a garden tractor. The introduction of the thesis includes an overview of snow blowers and their division. Also examples of manufactured snow blowers with description and parameters. Practical part contains the design of the snowblower using the design methodology. The following sections describe the construction of individual parts and are accompanied by pictures or diagrams. Further, there are construction, control and strength calculations of components and mechanisms. Size and strength calculations of gearing generated by graphics system are in the annexes as well as strength analysis of the shaft by FEM method and required documentation.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. Za vedení, podporu a cenné připomínky. Rovněž děkuji panu Ing. Miroslavu Běhávkovovi ze společnosti Evektor, spol. s.r.o. za poskytnutí informací, odborné rady a drahocenný čas.

OBSAH

OBSAH	8
SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ	10
ÚVOD.....	14
1 KLASIFIKACE SNĚHU.....	15
1.1 Druhy sněhu.....	15
1.2 Vlastnosti sněhu.....	15
2 SNĚHOVÁ FRÉZA.....	17
2.1 Jednostupňové sněhové frézy.....	17
2.2 Dvoustupňové sněhové frézy.....	18
2.3 Třístupňové sněhové frézy.....	19
2.4 Automobilová bubnová fréza dvoustupňová.....	19
2.5 Traktorová sněhová fréza se dvěma šneky.....	20
4 RUČNÍ FRÉZY NA ČESKÉM TRHU	21
4.1 Elektrická fréza Vega L56	21
4.2 Elektrická fréza HECHT 9013.....	22
4.3 Benzínová fréza Ariens Sno – Trek 20.....	22
4.4 Benzínová fréza Honda HSM 1390i K1 ZE.....	23
4.5 Přídavná sněhová fréza Rykov.....	25
4.6 Sněhová fréza pro čtyřkolky.....	26
5 NÁVRH PŘÍDAVNÉ SNĚHOVÉ FRÉZY.....	27
5.1 Upřesnění požadavků	27
5.2 Funkční struktura sněhové frézy	28
5.3 Morfologická matice	28
5.4 Orgánová struktura	29
5.5 Hrubá stavební struktura.....	30
5.6 Úplná stavební struktura	30
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	31
6.1 Plechové šasi.....	31
6.2 Nosná konstrukce	32
6.3 Podávací šnek	34
6.4 Šneková převodovka.....	35
6.5 Metací turbína	35
6.6 Vyhazovací komín.....	37
6.7 Náhon frézy.....	39
7 NÁVRHOVÉ A KONTROLNÍ VÝPOČTY	42
7.1 Určení velikosti nadzvednutí pákou.....	42
7.2 Síla potřebná ke zvednutí.....	42
7.3 Výpočet otáček podávacího šneku.....	43

7.4	Výkon na hřídeli podávacích šneků	44
7.5	Axiální síla vyvozená podávacím šnekem	44
7.6	Výpočet průměru pojistného kolíku na šneku	45
7.7	Výpočet otáček turbíny	46
7.8	Výpočet maximální výhozové rychlosti	47
7.9	Výpočet potřebného výkonu turbíny	48
7.10	Kontrola kolíků turbíny na otlačení	49
7.11	Výpočet vzdálenosti odhozu	49
7.12	Návrh a kontrola hřídele	52
7.13	Návrh řemenového převodu	59
7.14	Výpočet životnosti ložisek	62
7.15	Kontrola per na otlačení	63
7.16	Kontrola čepů v kardanovém kloubu	65
8	ZÁVĚR	65
	POUŽITÁ LITERATURA	66
	SEZNAM PŘÍLOH	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK	70

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

Značka	Jednotka	Název - Význam
A	[mm]	Osová vzdálenost
A_{SKUT}	[mm]	Skutečná osová vzdálenost
C	[kN]	Dynamická únosnost ložiska
C_1	[-]	Součinitel úhlu opásání
C_2	[-]	Součinitel provozního zatížení
C_3	[-]	Součinitel délky řemene
D_1	[mm]	Průměr hnací řemenice
D_2	[mm]	Průměr hnané řemenice
D_k	[m]	Průměr komínu
D_S	[mm]	Průměr podávacího šneku
F	[N]	Síla v řemenu
F_1	[N]	Síla působící na část pera
F_A	[N]	Axiální síla
F_G	[N]	Gravitační síla
F_O	[N]	Odstředivá síla
F_R	[N]	Radiální síla
F_{RUKY}	[N]	Síla na rukojeť
F_S	[N]	Střížná síla
F_{SP}	[N]	Střížná síla při přetížení
F_T	[N]	Třecí síla
F_v	[N]	Urychlovací síla
K	[-]	Počet řemenů
L	[m]	Šířka záběru jednoho podávacího šneku
L_{10}	[h]	Životnost ložiska v hodinách
L_p^I	[mm]	Výpočtová délka řemene
L_p	[mm]	Skutečná délka řemene

$M_{kA-A,...D-D}$	[N.m]	Krouticí moment v průřezu
$M_{k\dot{s}}$	[N.m]	Moment na hřídeli podávacích šneků
$M_{oA-A,...D-D}$	[N.m]	Ohybový moment v průřezu
P	[kN]	Ekvivalentní zatížení ložiska
P_R	[kW]	Výkon přenesený jedním řemenem
$P_{\dot{s}}$	[kW]	Výkon na hřídeli podávacích šneků
P_T	[kW]	Výkon turbíny
Q_m	[t.h ⁻¹]	Hmotnostní průtok
Q_v	[m ³ .h ⁻¹]	Objemový průtok
Q_{vT}	[m ³ .h ⁻¹]	Objemový průtok turbínou
R_m	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
S_k	[mm ²]	Plocha stříhu
s_T	[mm]	Dráha těžiště
V	[m ³]	Objem sněhu
\sqrt{A}	[-]	Neuberova konstanta vrubové citlivosti
a	[m]	Vzdálenost ujetá traktorem za 1 s
d_k	[mm]	Průměr kolíku
f	[-]	Součinitel tření
f_0	[-]	Součinitel tření
g	[m.s ⁻²]	Gravitační zrychlení
h	[m]	Maximální výška sněhové vrstvy
$h_{1,2}$	[m]	Výšky komínu
i	[-]	Převodový poměr
i_{SK}	[-]	Skutečný převodový poměr
$k_{d\sigma A-A,...,D-D}$	[-]	Součinitel dynamické bezpečnosti v ohybu
$k_{sA-A,...,D-D}$	[-]	Statická bezpečnost v průřezu
$k_{s\tau A-A,...,D-D}$	[-]	Součinitel statické bezpečnosti ve smyku
$k_{vA-A,...,D-D}$	[-]	Výsledná dynamická bezpečnost
l	[mm]	Délka pera

l^I	[mm]	Výpočtová délka pera
m_s	[kg]	Hmotnost vyhazovaného sněhu
n_ξ	[min ⁻¹]	Otáčky podávacího šneku
n_T	[min ⁻¹]	Otáčky turbíny
p	[MPa]	Měrný tlak
p_D	[MPa]	Dovolený měrný tlak
r_{TS}	[mm]	Střední poloměr
s	[mm]	Rozteč podávacího šneku
v	[m.s ⁻¹]	Obvodová rychlost
v_0	[m.s ⁻¹]	Výstupní rychlost sněhu
v_T	[m ³]	Objem turbíny
w	[-]	Odpor materiálu
z	[m]	Ztráta v komínu
z_{SO}	[m]	Ztráta v ohybu
z_t	[m]	Ztráta třením
Δ	[-]	Součinitel drsností potrubí
α	[°]	Stoupání šneku
α_R	[°]	Úhel boků řemene
$\alpha_{aA,...,D-D}$	[-]	Vrubový součinitel v průřezu
$\beta_{A-A,...,D-D}$	[-]	Vrubový součinitel v průřezu podle Neubergera
δ	[°]	Úhel ohybu
ε	[°]	Naklonění podávacího šneku
$\varepsilon_{A-A,...,D-D}$	[-]	Součinitel velikosti
$\eta_{A-A,...,D-D}$	[-]	Součinitel jakosti povrchu
η_L	[-]	Účinnost ložisek
λ	[-]	Součinitel ztráty třením
ξ_{SO}	[-]	Místní ztráta
$\rho_{A-A,...,D-D}$	[mm]	Poloměr vrubu
$\sigma^*_{COA-A,...,D-D}$	[MPa]	Mez únavy skutečné součásti

$\sigma_{aOA-A,...,D-D}$	[MPa]	Amplituda napětí v ohybu
σ_{CO}	[MPa]	Mez únavy v ohybu hladkého vzorku
σ_{RED}	[MPa]	Redukované napětí
$\sigma_{soA_A,...,D-D}$	[MPa]	Napětí v ohybu
$T_{sA_A,...,D-D}$	[MPa]	Napětí ve smyku
T_{SD}	[MPa]	Dovolené napětí ve smyku
ψ	[-]	Součinitel plnění
ω	[rad.s ⁻¹]	Úhlová rychlost

ÚVOD

Větší sněhové vrstvy zneprůjemňují nebo dokonce zamezují pohyb osob i dopravních prostředků. Proto je nutné udržovat komunikace sjízdné a přístupové cesty schůdné. Ruční odstraňování sněhové pokrývky je silově namáhavé a časově náročné.

Nejprve byly používány sněžné pluhy. Nevýhodou jsou velké síly, za pomoci kterých je sníh odsunut. Vysoké vrstvy sněhu jsou pro pluhy nepřekonatelnou překážkou a musí se využít jiné techniky. Jednou z možností je využití sněhové frézy.

Sněhové frézy prochází neustálým vývojem a zdokonalováním. Důkazem jsou hybridní sněhové frézy s vysokým výkonem a šetrností k životnímu prostředí. Nebo stále přibývající množství ručních fréz pro domácí potřebu.

Tato diplomová práce je vypracována na základě zadání poskytnutého firmou Evector, spol. s. r. o. Cílem je navrhnout konstrukci přídatné sněhové frézy pro zahradní traktor. Fréza má rozšířit škálu příslušenství k zahradnímu traktoru a využít jej i v zimních měsících pro odklizení sněhu.

1 KLASIFIKACE SNĚHU

Sníh je specifická forma ledu, pevného skupenství vody. Je tvořen ledovými krystalky seskupenými do sněhových vloček. V přírodě vzniká přirozeně za vhodných klimatických podmínek v oblacích, odkud se snáší k zemi. Tento děj se nazývá sněžení. Sníh nahromaděný ve větším množství na dostatečně prochlazeném zemském povrchu se nazývá sněhová pokrývka. Na rozdíl od dešťové vody z místa dopadu ihned neodtéká, představuje tak důležitý prvek v koloběhu vody v přírodě. Významná je také jeho tepelně izolační schopnost, která umožňuje mnoha rostlinným i živočišným druhům přežít mrazy. [1]

1.1 Druhy sněhu

Nový sníh: Sníh, který padá, nebo je čerstvě napadaný. Jeho krystaly jsou závislé na klimatických podmínkách. Nový sníh se vyznačuje velikou nesoudržností, jeho krystaly se doposud do sebe nezaklínily. Je základem tzv. prachových lavin. Je to sníh, u kterého zůstává jeho šesterečná krystalická soustava alespoň z poloviny odebraných vzorků sněhu zachována. Má plstnatý vzhled, je porózní a čistě bílý. [2]

Plstnatý sníh: Na nový sníh začne v první fázi působit především vítr s jeho silovými účinky. Ten začne bortit původní krystalickou formu (tzv. destruktivní fáze změny). Stále lze však ještě rozpoznat původní šesterečnou soustavu. Polámané zbytky původních krystalů se vlivem větru do sebe stále více zaklíňují a dochází k větší soudržnosti sněhu. Plstnatý sníh je základem deskových lavin. [2]

Okrouhlozrný sníh: Suchý sníh. Vzniká z plstnatého sněhu. Tvarem jsou to téměř kuličky, je matně bílý, bez lesku a struktury. Tvoří přechodnou fázi mezi bortící a výstavbovou metamorfózou. Pro svoji schopnost pojít přispívá ke tvorbě desek. [2]

Hranatozrný sníh: Vlivem teplot se začíná vyvíjet z původního zborceného krystalu nová forma. Vznikají ledová zrnka hranatého tvaru. Tento druh sněhu je velmi pohyblivý, je zvláštním a lavinově nebezpečným druhem sněhu především v kombinaci s dutinovou jínovatkou. [2]

Firn: Zaoblená ledová zrna vznikají další změnou krystalu především vlivem dlouhodobého působení zvýšených teplot. Objevuje se převážně na jaře. [2]

1.2 Vlastnosti sněhu

Teplota vrstvy sněhu v blízkosti půdy má většinou teplotu blízkou nule, při povrchu sněhové pokrývky je teplota podobná teplotě vzduchu. Při oteplení a promočení v jarních měsících se v celém profilu pohybuje teplota kolem nuly. Sníh je dobrý tepelný izolátor, dvakrát lepší než jehličnaté dřevo. [3]

Tab. 1: Hustota sněhu [3]

Druh sněhu	Hustota [$kg \cdot m^{-3}$]
Prachový sníh	10 – 50
Větrem ubitý sníh	100 – 200
Pevný suchý sníh	200 – 400
Pevný lehký sníh	400 – 600
Firn	300 – 800
Led	800 – 900
Voda	1000

Tab. 2: Průměrná velikost zrn sněhu [2]

Typ sněhu	Průměrná velikost zrn [mm]
Velmi jemnozrný	$\leq 0,2$
Jemnozrný	0,2 – 0,5
Střední	0,5 – 1
Hrubozrný	1 – 2
Velmi hrubozrný	2 – 5
Extrémně hrubozrný	≥ 5

Tab. 3 Vlhkost sněhu [3]

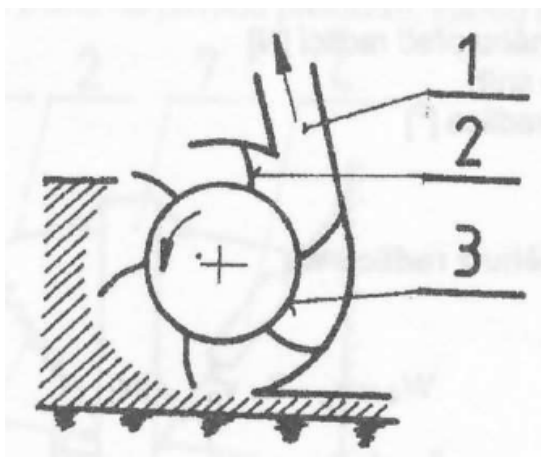
Typ	Charakteristika	Průměrný obsah vody [%]
Suchý		0
Vlhký	Sníh má tendenci držet pohromadě	≤ 3
Mokrý	Voda patrná mezi zrny sněhu	3 - 8
Velmi mokrý	Podíl vody se zvyšuje	8 - 15
Rozbředlý	Sníh obsahuje relativně malé množství vzduchu	≥ 15

2 SNĚHOVÁ FRÉZA

Sněhová fréza je stroj sloužící k odklizení velkých nánosů sněhu. Existuje jak ve formě pro odklizení závějí ze silnic a železnic, tak i v menší podobě pro použití v domácích podmínkách. Sněhové frézy zpravidla sníh rozřezávají pomocí točícího se šneku. Kousky sněhu jsou pak odhazovány mimo čištěnou oblast. Typ užívané frézy se liší jak podle čištěné oblasti (silnice, železnice, zahrada), podle typu podkladu (zpevněný povrch, nerovný a měkký terén), tak i podle typu sněhu, který má odklízet (čerstvý sníh, těžký udusaný sníh). [4]

Sněhové frézy mají osu rotace kolmou na směr pohybu. Používají se především na odklizení staršího sněhu, kdy je plně využit výkon frézy pro uvolnění sněhové vrstvy. Sněhové frézy jsou řešeny jako jednoúčelové stroje nebo spíše jako přídatná zařízení upevněna nejčastěji na traktor. [5]

Dle počtu pracovních stupňů rozlišujeme tři typy sněhových fréz a to jednostupňové, dvoustupňové a třístupňové.



Obr. 1 Schéma sněhové frézy [5]

(1 – Vrhací nátrubek, 2 – frézovací lopatky, 3 – buben rotoru)

2.1 Jednostupňové sněhové frézy

Jednostupňová sněhová fréza bezpečně odklidí menší nánosy čerstvého, ne zledovatělého sněhu na chodnících, zahradních a příjezdových cestách, u vjezdů do garáží. Rotující šnek důkladně vyčistí povrch a odvede sníh do odhazovacího komína, odtud je vyhozen ven nastaveným směrem. Jednostupňové sněhové frézy mívají menší výkon motorů, omezenější standardní výbavu, a proto i nižší cenu. Jsou vhodné pro menší plochy spíše v městských podmínkách. [6]

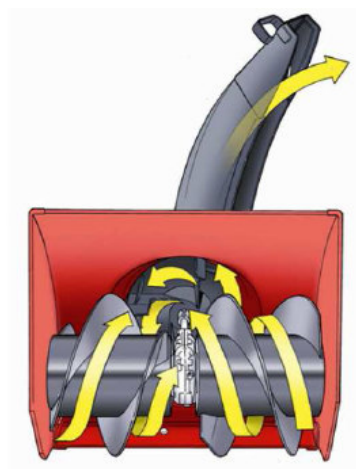


Obr. 2 Jednostupňová fréza [7]

Tyto sněhové frézy jsou poháněny samohybným šnekem s pryžovými hranami, který dopravuje sníh do odhazovacího prostoru odkud je dál vyhazován odhazovacím komínem. Zároveň zajišťuje pohon frézy vpřed. Jednostupňové motorové sněhové frézy si poradí i s větším množstvím udusaného sněhu a jsou vhodné pro odklizení větších rovných ploch, jako jsou např. parkoviště. Pro svou nižší hmotnost jsou snadno ovladatelné a i případná manipulace není obtížná. [7]

2.2 Dvoustupňové sněhové frézy

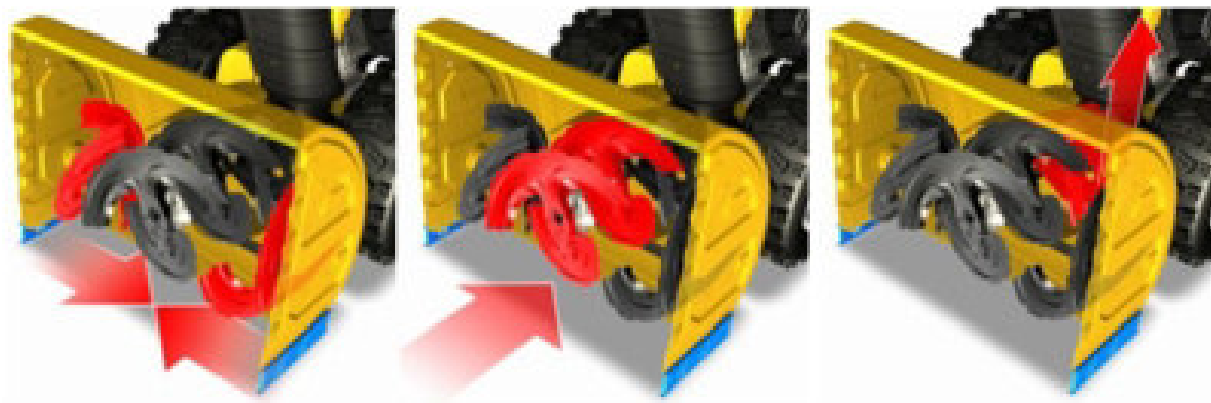
Dvoustupňová sněhová fréza si poradí i s tvrdým zledovatělým sněhem díky ocelovému šneku se speciálně tvarovanými zuby. Sníh je v 1. fázi přihrnován k ústí vyhazovací turbíny a v 2. fázi je turbínou vytlačen přes odhazovací komín nastaveným směrem. Tato konstrukce umožňuje rychle odklidit velké množství sněhu. Rychlost a objem odklizeného sněhu závisí na výkonu motoru, šířce záběru a další výbavě. Dvoustupňové sněhové frézy se nezaleknou ani větších zasněžených ploch v horských a podhorských oblastech. [6]



Obr. 3 Dvoustupňová fréza [7]

2.3 Třístupňové sněhové frézy

Novinka roku 2013. Tyto frézy mají o 20% vyšší kapacitu průchodu sněhu a tím ušetří čas při frézování. Standardní šnek nahrnuje sněh ke střední části, která hrne sněh do turbíny. Turbína vyhazuje sněh komínem ven. [6]



Obr. 4 Třístupňová fréza [6]

2.4 Automobilová bubnová fréza dvoustupňová

Toto zařízení využívá otevřeného příhrnovacího šneku a k vrhání metací kolo. Možnost použití vyhazovacího nebo nakládacího komínu, který je hydraulicky nebo ručně ovládaný. Tyto sněhové frézy se vyrábějí v pracovních šířkách od 1,7m do 2,5m s příslušným průměrem šneku. Pohon je realizován pomocí vývodového kardanového hřídele nebo hydraulicky. Tyto frézy jsou podle velikosti odklidit až 4000 tun za hodinu. Pracovní pojezdová rychlost je maximálně 30km/h. [13]



Obr. 5 Automobilová dvoustupňová fréza [13]

2.5 Traktorová sněhová fréza se dvěma šneky

Z důvodu větší efektivity může být dvoustupňová sněhová fréza opatřena ne jedním, ale i dvěma šneky. Tyto traktorové sněhové frézy jsou nejčastěji přichyceny na přední upínací desce, ale mohou být i vzadu. Traktorové frézy jsou standardně schopny odklízet vrstvu, která je až 1m vysoká. Šířka pracovního záběru je 2,1m s možností odhození sněhu až do vzdálenosti 22m. Počet otáček se pohybuje od 540 až 1000ot/min a hmotnost je 450 až 600kg. [14]



Obr. 6 Dvoušneková traktorová fréza [14]

4 RUČNÍ FRÉZY NA ČESKÉM TRHU

Na českém trhu je nepřeberné množství sněhových fréz, ať už elektrických nebo benzínových. Od nízko výkonových elektrických po profesionální vysokovýkonné benzínové.

4.1 Elektrická fréza Vega L56

VeGA L-56 jednostupňová elektrická sněhová fréza, která je vhodná pro rychlé odklízení sněhu z cest, nájezdů, chodníků a dvorků. Elektrická sněhová fréza VeGA L-56 je vybavena motorem o výkonu 1600 W. Šíře záběru je 40 cm. Pojezd elektrické sněhové frézy VeGA L-56 je vyřešen pomocí šneku ze speciálně zpevněné gumy. [7]



Obr. 7 Vega L56 [7]

I u této malé frézy je jako standard ovládání směru odhozu sněhu z pozice obsluhy. Uživatelé jistě ocení provedení šasi z odolného plastu, který má vysokou odolnost, při zachování nízké hmotnosti. [7]

Tab. 4 Parametry frézy Vega L56 [7]

Typ frézy	jednostupňová
Výkon	1600W
Šířka záběru	400mm
Nastavení komínu	z pozice obsluhy
Otočný komín	180°
Maximální odhazovací vzdálenost	5m
Rozměry	560x325x435mm
Hmotnost	16kg

4.2 Elektrická fréza HECHT 9013

Šasi je zhotoveno z pevného plastu. Tělo je také vybaveno pohodlnou rukojetí s bezpečnostním spínačem. Praktické jsou pak hvězdicové úchyty matek, které umožňují snadnou montáž i demontáž frézy. Díky madlu na fréze a celkové hmotnosti pouhých 9 kg je její přenášení velice snadné. [7]



Obr. 8 Hecht 9013 [7]

Fréza je vybavena sériovým komutátorovým motorem s vysokým záběrovým momentem, který zajišťuje, že stroj pracuje i pod vysokým zatížením bez zastavení. Jiný elektrický motor je pro elektrickou frézu nevhodný, protože se neustále při odstraňování sněhu zastavuje a nedosahuje požadovaného výkonu a komfortu obsluhy. [7]

Tab. 5 Parametry HECHT 9013 [7]

Motor	230V/50Hz
Maximální pracovní výkon	180m ³ /h
Hmotnost	9kg
Příkon	1300W
Záběr	360mm
Výrobce	Hecht

4.3 Benzínová fréza Ariens Sno – Trek 20

Nejžádanější model dvoustupňové sněhové frézy pro odklizení zledovatělého, přemrzlého i udusaného sněhu, a to ze všech druhů povrchů.

Tento model je osazen moderním výkonným spalovacím motorem LCT 136cc. 6 rychlostí vpřed a 2 vzad umožňují přizpůsobení stroje rychlosti úklidu sněhu v závislosti na jeho konzistenci a množství. [10]



Obr. 9 Sno-Trek 20 [10]

Tab. 6 Parametry Sno-Trek 20 [10]

Motor	4 -taktní, LCS Storm Force 136
Výkon	3500W
Objem motoru	136cm ³
Objem nádrže	2,7l
Záběr	510mm
Výška bunkru	445mm
Pojezd	Třecím diskem
Počet rychlostí	6 + 2R
Průměr ventilátoru	305mm
Vzdálenost odhozu	až 11m
Hmotnost	59kg
Startování	Startovací šňůrou
Nastavitelné skluznice	ano
Vypnutí uzávěrky diferenciálu	ano

4.4 Benzínová fréza Honda HSM 1390i K1 ZE

Nový motor Honda iGX 390 s unikátním elektronickou řídící jednotkou s automatickou regulací otáček motoru podle aktuálního nastavení pracovního režimu a zatížení. Výběr ze tří různých pracovních režimů (a) 2 automatické.

Fréza sama nastavuje rychlost pojezdu podle zatížení (vrstvy a struktury sněhu); otáčky motoru reguluje sama tak, aby byla dodržena vzdálenost odhozu sněhu; během couvání se frézovací mechanismus zvedne, při pohybu vřed se znovu automaticky nastaví do režimu, který byl nastaven před couváním; b) 1 ruční – rychlost pojezdu, otáčky a další funkce lze nastavit individuálně). [11]



Obr. 10 Honda HSM 1390i K1 ZE [11]

Hlučnost snížena o 25% oproti předchůdci. Spotřeba paliva snížena o 15% oproti předchůdci. Nyní k dispozici také s natáčením frézovacího mechanismu kolem podélné osy. [11]

Tab. 7 Parametry HSM 1390i K1 ZE [11]

Maximální výkon	11kW při 3600ot/min
Startování	Elektrické
Objem nádrže	5,7l
Šířka záběru	920mm
Kapacita odhozu	580mm
Maximální vzdálenost odhozu	19m
Pojezdová převodovka	Dva elektromotory
Počet rychlostí	Plynule nastavitelné
Rozměry (d x š x v)	1720 x 920 x 1340mm
Světlo	ano
Hmotnost	250kg
Chlazení	vzduchem

4.5 Přídavná sněhová fréza Rykov

Sněhová fréza je výborným pomocníkem pro ty, kteří používají travní traktor v horských oblastech a uvažují o rozšíření použití traktoru i o zimní sezónu. Za cenu malé ruční frézy získáte super výkonnou frézu s aktivním záběrem 100 cm. Výkon frézy je dán především konstrukcí frézy a pak v neposlední řadě i hmotností stroje. [11]



Obr. 11 Přídavná fréza Rykov [11]

Unikátní jednostupňové řešení, kdy se pracovními otáčkami cca 1.480 ot/min točí celý šnek, který je zakončen výhozovými lopatkami. Toto konstrukční řešení společně s hmotností stroje zabezpečuje cca 3-4x větší výkon než průměrná ruční sněhová fréza. Shrnovací výšku si můžete nastavit pomocí nastavitelných plazů. [11]

Tab. 8 Parametry frézy Rykov [11]

Záběr	1000mm
Výška	500mm
Natáčení komínu	200°
Hmotnost	67kg

4.6 Sněhová fréza pro čtyřkolky

Sněhová fréza ATV/UTV se záběrem 135 cm. Fréza s motorem o výkonu 11,5kW a elektrickým startem. Na přání možno dodat i s jinými typy motorů, ruční startování nebo silnější motor. Veškeré ovládání z kabiny. Velice výkonná sněhová fréza s možností montáže jak na čtyřkolku ATV, tak na traktory UTV. [12]



Obr. 12 Sněhová fréza UTV/ATV [12]

Sněhová fréza je vpředu zavěšená na navijáku a vzadu se uchyťává na tažné zařízení. Montáž je možná i na stroje vybavené sněžnými pásy pomocí přiloženého prodlužovacího adaptéru. Součástí frézy jsou přídavné pracovní světlomety na práci v noci. [12]

Tab. 9 Parametry frézy UTV/ATV [12]

Šířka záběru	1350mm
Výkon	11,5kW

5 NÁVRH PŘÍDAVNÉ SNĚHOVÉ FRÉZY

Pro řešení hlavních konstrukčních uzlů jsem využil teorie postupu při konstruování.

5.1 Upřesnění požadavků

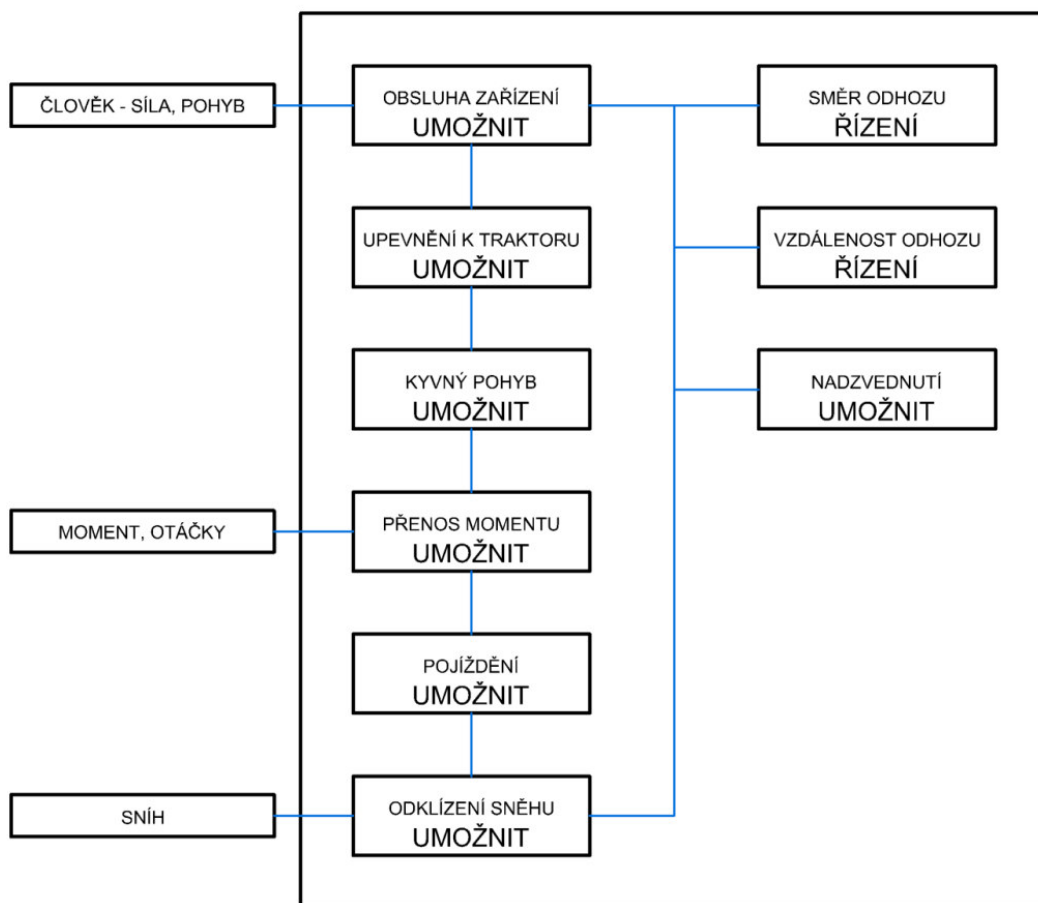
Vzorem pro vytvoření listu požadavků je zadání ve stručné podobě. Je nutné zadání doplnit a rozšířit.

Výpis požadavků, které musí navrhovaná sněhová fréza splňovat:

- Odklizení sněhové vrstvy o výšce 300mm při jezdové rychlosti 1,3km/hod.
- Poháněno řemenem od řemenice určené pro pohon sekacích nožů. (průměr řemenice 125mm a 2500min^{-1})
- Maximální příkon frézy 5,5kW.
- Snadné připojení a odejmutí frézy od traktoru.
- Nastavení směru odhozu sněhu z místa řidiče v rozsahu 180° za jízdy traktoru.
- Nastavení vzdálenosti odhozu z místa řidiče za jízdy traktoru.
- Možnost nadzvednutí samotné frézy při výjezdu na nerovnost.
- Kyné upevnění z důvodu kopírování terénu.
- Projíždění po sněhové vrstvě i po silničních površích.
- Bezúdržbové provedení.
- Provoz v záporných teplotách.
- Jednoduchá obsluha.
- Šířka záběru min. o 50mm větší než šířka traktoru.
- Střední četnost používání.
- Požadovaná životnost strojních součástí 20000 hodin.
- Korozi odolnost – povrchová úprava dílů.
- Minimální náklady na provoz.

5.2 Funkční struktura sněhové frézy

Zde jsem provedl rozbor funkční struktury (znázorněno na obr. 13). Funkce, které musí zařízení plnit a splňovat.



Obr. 13 Funkční struktura

5.3 Morfologická matice

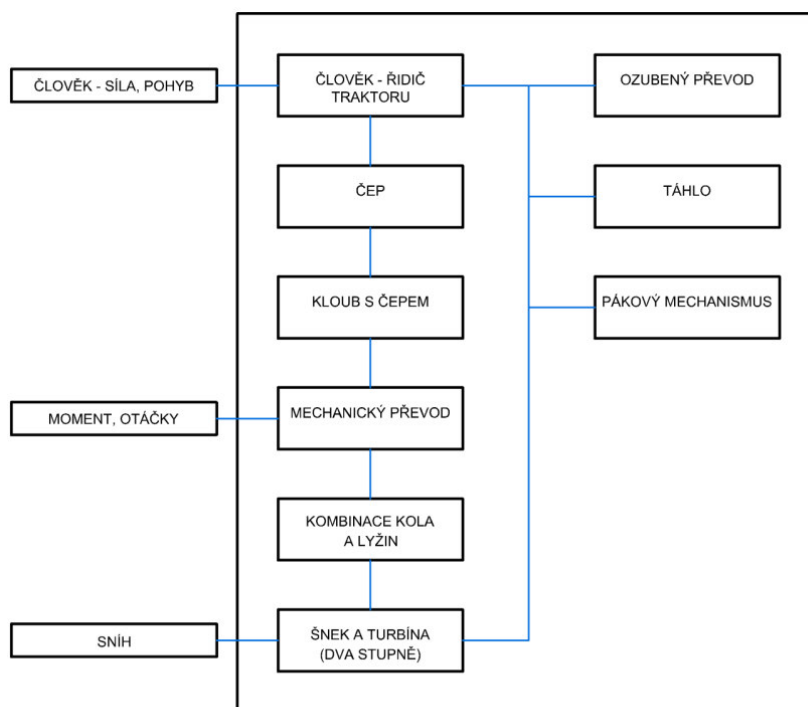
Morfologická matice přehledně znázorňuje možnosti řešení funkcí jednotlivými orgány. Z možností je pak vybrán nejvhodnější orgán, zvýrazněn a použit do koncepce. Při výběru nejvhodnějšího orgánu je důležité brát ohled zejména na správnou funkčnost, proveditelnost, spolehlivost, konstrukční jednoduchost, náročnost a cenu výroby.

DÍLČÍ FUNKCE	ORGÁNY NESOUCÍ FUNKCI				
	1	2	3	4	5
OBSLUHA ZAŘÍZENÍ UMOŽNIT	ČLOVĚK-ŘIDIČ				
UPEVNĚNÍ K TRAKTORU UMOŽNIT	ŠROUBOVÉ SPOJENÍ	ROZPĚRNÝ PRVEK	ČEPY		
KYVNÝ POHYB UMOŽNIT	KULOVÝ KLOUB	PRUŽNÝ ČLEN	KLOUB S ČEPEM		
PŘENOS MOMENTU UMOŽNIT	HYDRAULICKÝ	PNEUMATICKÝ	ELEKTRICKÝ	MECHANICKÝ	
POJEZD UMOŽNIT	LYŽE	KOLA	KOMBINACE KOLA A LYŽE		
ODKLÍZENÍ SNĚHU UMOŽNIT	ŠNEK (JEDEN STUPEŇ)	ŠNEK A TURBÍNA (DVA STUPNĚ)	ŠNEK, PLNÍCÍ ŠNEK, TURBÍNA (TŘI STUPNĚ)	TURBÍNA	
SMĚR ODHOZU ŘÍZENÍ	AKTUÁTOR	HYDRAULICKÝ/PNEUMATICKÝ PÍST	POHYBOVÝ ŠROUB	TÁHLO	OZUBENÝ PŘEVOD
VZDÁLENOST ODHOZU ŘÍZENÍ	AKTUÁTOR	HYDRAULICKÝ/PNEUMATICKÝ PÍST	POHYBOVÝ ŠROUB	TÁHLO	OZUBENÝ PŘEVOD
NADZVEDNUTÍ UMOŽNIT	AKTUÁTOR	PÁKOVÝ MECHANISMUS	HYDRAULICKÝ/PNEUMATICKÝ PÍST	POHYBOVÝ ŠROUB	OZUBENÝ PŘEVOD

Obr. 14 Morfologická matice

5.4 Orgánová struktura

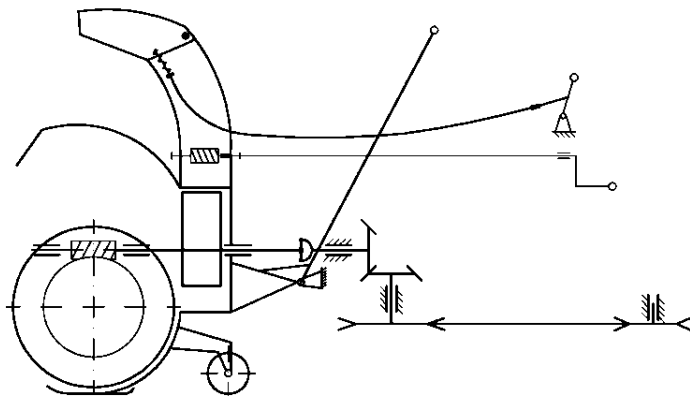
Každou funkci danou funkční strukturou musí plnit zvolený orgán, který je patrný z obr. 15. Vstupy pocházejí od člověka (síla, pohyb) a od parametrů motoru (moment, otáčky). Později bude nutné parametry zkontrolovat, zda nejsou překročeny ergonomické parametry u člověka a výkonové parametry u motoru.



Obr. 15 Orgánová struktura

5.5 Hrubá stavební struktura

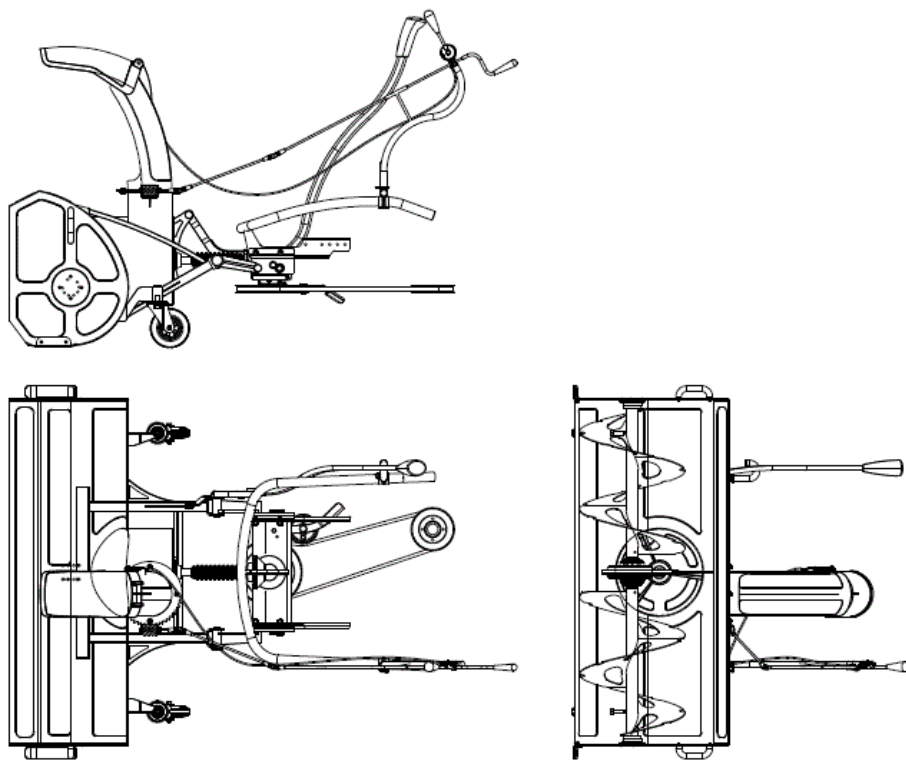
Jedná se o předběžné schéma uspořádání navrhovaného zařízení.



Obr. 16 Hrubá stavební struktura

5.6 Úplná stavební struktura

Úplnou konkretizací všech vlastností a orgánů hrubé stavební struktury vzniká úplná stavební struktura. Po optimalizaci a odzkoušení může být tento návrh základem pro zpracování technické dokumentace.



Obr. 17 Úplná stavební struktura

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

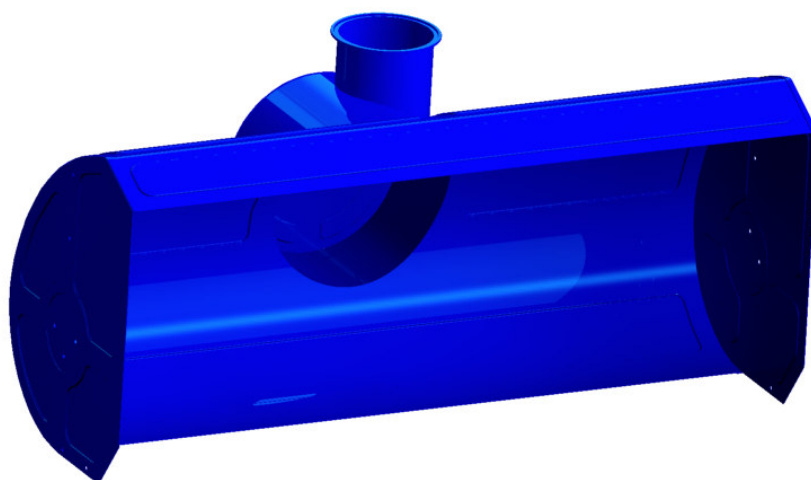
V této kapitole jsou popsány jednotlivé části a jejich konstrukční řešení.



Obr. 18 Sněhová fréza na traktoru

5.1 Plechové šasi

Jednou z hlavních částí konstrukce je šasi, bodově svařeno z jednotlivých dílů. Všechny díly jsou vyrobeny z 1,3mm silného plechu a opatřeny prolisy. Prolisy zvyšují celkovou tuhost. Šasi je nesené konstrukcí, ke které je přivařeno. Na šasi jsou pak upevněny především ložiskové domky šneku a hnací hřídele. Plechy jsou po finálním svaření galvanicky pokoveny zinkem, jako ochrana před korozí a následně nastříkány polyuretanovou barvou (obr. 20).

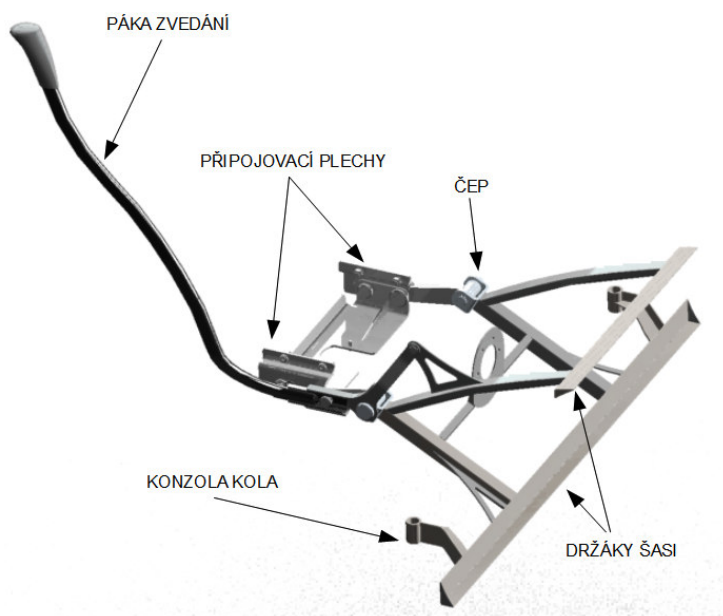


Obr. 19 Plechové šasi

6.2 Nosná konstrukce

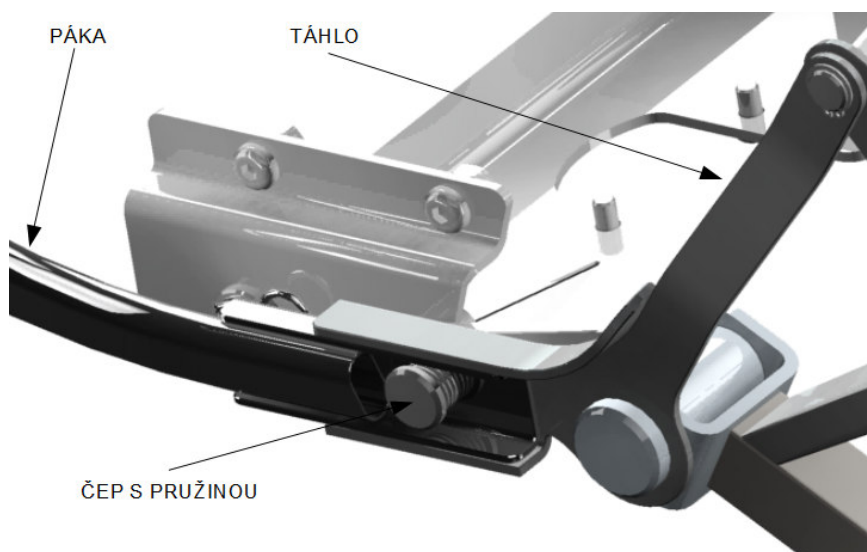
Nosná konstrukce je svařena především z plechových výpalků a ohýbaných plechů. Nese šasi, kuželovou převodovku s řemenicí a konzoly pro upevnění kol.

Dále obsahuje čepy a páku umožňující zvedání celé konstrukce. Čepy dále umožňují nezávislý pohyb vůči traktoru při přejezdu nerovností a kopírování terénu (viz obr. 21).



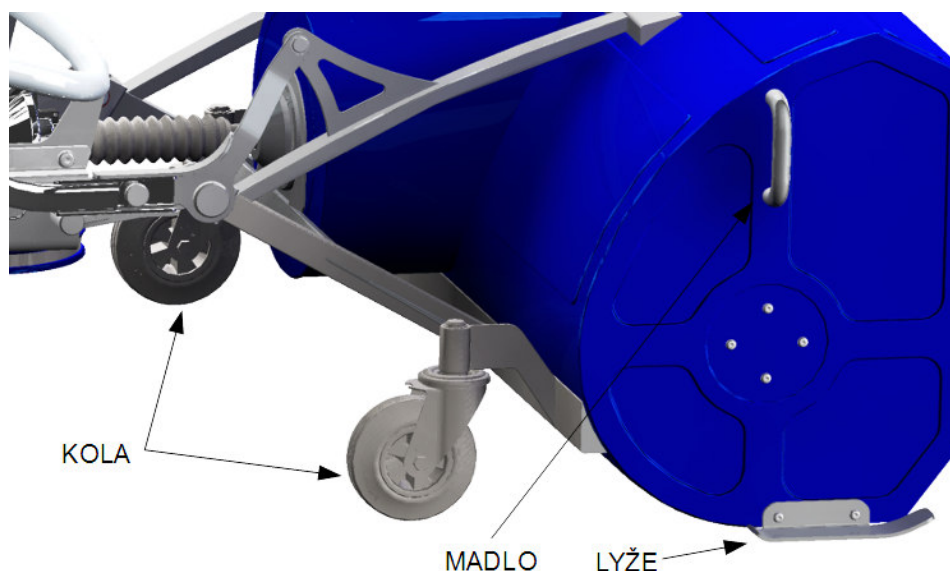
Obr. 20 Nosná konstrukce

Páka zvedání slouží k nadzvednutí části frézy, jak bylo zmíněno výše. Páka je uložena na čepu v U profilu a přitlačována pružinou (obr. 22). Tento mechanismus umožňuje vyhnutí páky při zachycení do háku a tím zafixování zvednuté polohy. Samotná páka je ohnuta z tenkostěnného profilu přivařeného k U plechu. Nahoře opatřena masivní rukojetí pro pohodlné uchopení.



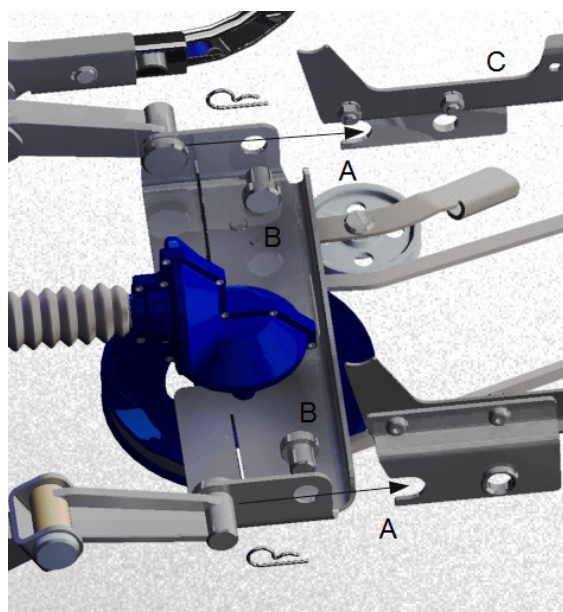
Obr. 21 Detail upevnění páky

Fréza je nesena párem otočných kol. Ty slouží hlavně k pojezdu na tvrdých podkladech. Aby v hlubokém sněhu na trávníku nedocházelo k boření se kol, je fréza vybavena dvěma lyžemi, které nesou konstrukci (viz obr. 25). Pro snadnější manipulaci jsou po stranách šasi madla.



Obr. 22 Pojezdová kola a lyže

Připojení k traktoru jsem řešil pomocí dvou párů čepů (obr. 26). Nejprve dojde k zasazení čepů „A“ do půl válcového pouzdra a poté zasunutí pojistných čepů „B“. Čepy „B“ se zajistí závlačkami. Díl „C“ je součástí traktoru a k němu je připevněn šrouby přípojný plech frézy s otvory pro čepy. Po připojení frézy, je možné nasazení a napnutí řemene napínací pákou s kladkou.



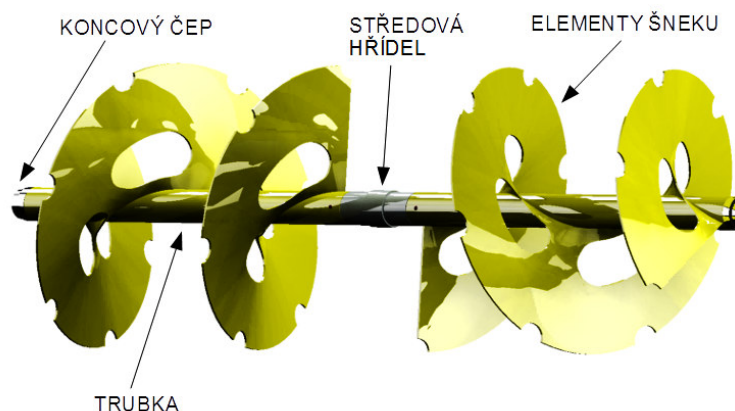
Obr. 23 Připojení frézy k traktoru

6.3 Podávací šnek

Podávací šnek slouží především k dopravování sněhu ke středu frézy, kde ho odebírá turbínové kolo. Dále pak sníh rozmělní, částečně pěchuje a drtí kusy zmrzlého sněhu. K tomuto účelu slouží zuby po obvodu (obr. 27).

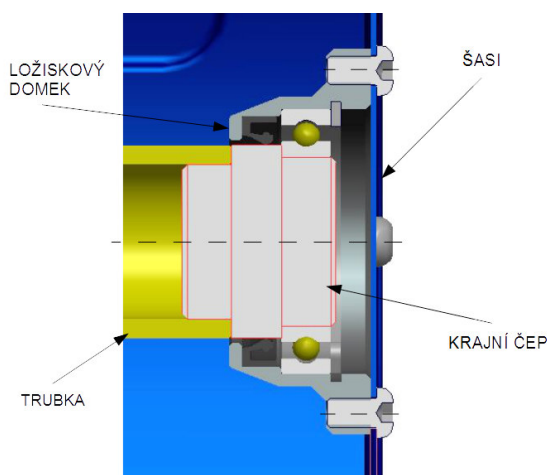
Každá strana šneku je zhotovena z trubky, na kterou jsou přivařeny tři ohnuté výpalky z 2,5mm silného plechu. Jsou také svařeny mezi sebou a tvoří šroubovici. Elementy jsou opatřeny otvory z důvodu odlehčení.

Trubky jsou uprostřed navlečeny na středovou hřídel a pojištěny kolíky. Hřídel je poháněna šnekovým soukolím. Na koncích jsou čepy pro uložení šneku do ložiskových domků. Povrchovou úpravou je galvanické pozinkování, následná svrchní polyuretanová barva.



Obr. 24 Podávací šnek

Čep šneku je uložen v radiálním ložisku SKF 61907 a to je vsazeno do domku. V domku jištěno pojistným kroužkem a chráněno proti vniknutí vody a nečistot guferem. Ložiskový domek je přišroubován k šasi čtyřmi šrouby s půlkulatou hlavou a vnitřním šestihranem (viz obr. 28).



Obr. 25 Krajní uložení šneku

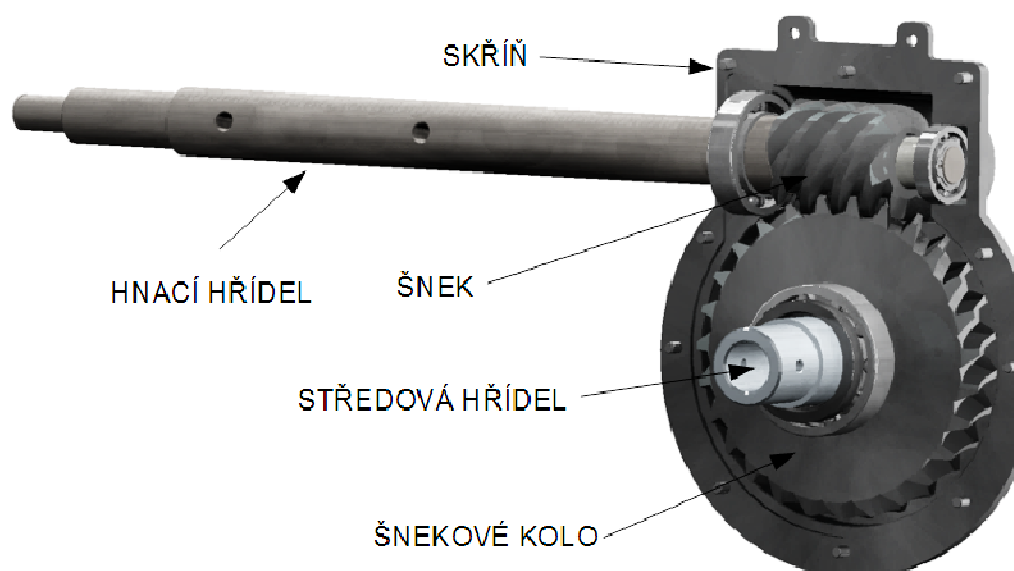
Na druhé straně šneku je spojovací hřídel uložena ve skříni šnekové převodovky (viz. 6.4 Šneková převodovka).

6.4 Šneková převodovka

Šneková převodovka slouží ke změně otáček a směru otáčení mezi hnací hřídelí a podávacím šnekem. Vstupní otáčky jsou 1450min^{-1} a otáčky na výstupu 270min^{-1} . Šnek je vyroben z povrchově cementované a kalené oceli, kolo z šedé litiny.

Skříň je odlita ze slitiny hliníku a funkční plochy jsou obrobeny. Skládá se ze dvou polovin, spojených šrouby. Skříň je těsněna pryžovým těsněním a gufery (obr. 31). V horní části jsou nálitky s otvory pro zavěšení.

Převodovka je bezúdržbová, naplněná mazivem s dlouhou životností.



Obr. 26 Šneková převodovka

Rozměry kuželových kol jsem vygeneroval v programu Autodesk Inventor Professional 2013. Výsledky viz příloha B.

6.5 Metací turbína

Účelem metací turbíny je předat energii a udělit rychlost vyhazovanému sněhu, který přivádí podávací šneky. Sníh je vyhazován komínem ven na určené místo.

Sestává se ze tří lopatek navařených na náboji. Ten je nasunut na hnací hřídel a pojištěn dvěma kolíky (viz obr. 32).

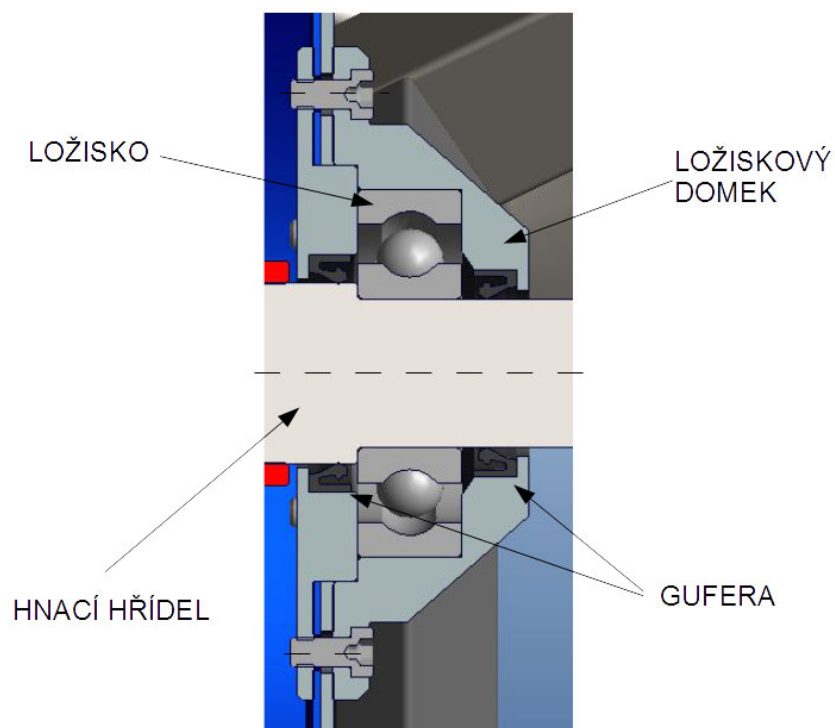
Lopatky jsou zakřiveny tak, aby byl sníh částečně nasáván a nespádal z nich. Konce jsou obrobeny až po svaření z důvodu odstranění házení, jak obvodového tak čelního.



Obr. 27 Metací turbína

Hnací hřídel je uložena ve dvoudílném ložiskovém domku, který je přišroubován na šasi. Zatížení přenáší radiální kuličkové ložisko jednořadé SKF 6305. Chráněno je proti nečistotám a vlhkosti guferem z každé strany (obr. 33).

Z důvodu značného zatížení je šasi v místě domku vyztuženo přidavným plechem, který je dále přes vzpěry přivařen k nosnému rámu.



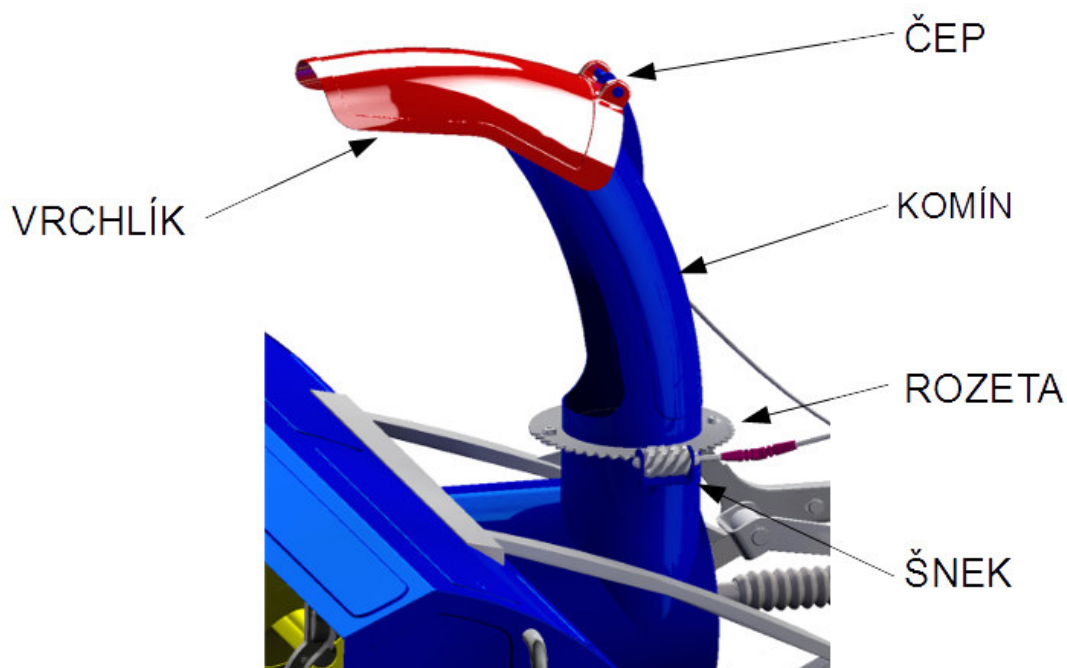
Obr. 28 Uložení turbíny

5.5 Vyhazovací komín

Vyhazovací komín slouží k odvodu vyhazovaného sněhu z turbíny a usměrnění jej požadovaným směrem a na požadovanou vzdálenost (viz obr. 37).

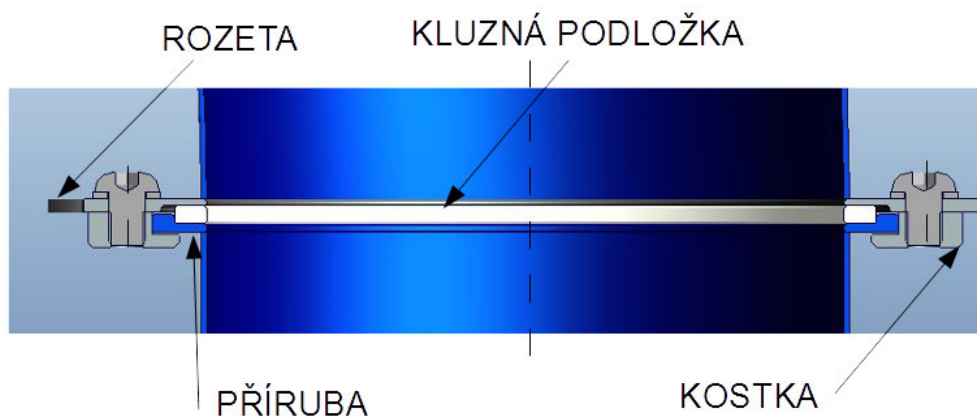
Spodní části jsou vylisovány z plechu s prolisy pro vyšší tuhost. Na ní je navařena konzolka s trubicí pro čep, ve které je upevněn horní vrchlík.

Vrchlík je vyroben z plastu vstříkacími technologiemi a upevněn pomocí čepu s pojistným kroužkem.



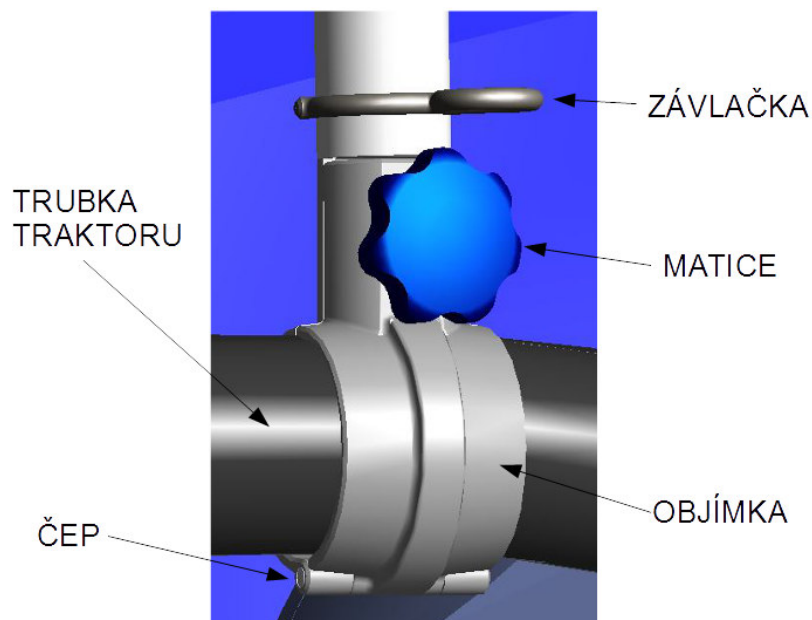
Obr. 29 Vyhazovací komín

Plechová část komínu je bodově přivařena k ozubené rozetě, kterou se komínem natáčí do stran. Rozeta je přitažena k přírubě šasi L úchyty se závitem. Mezi rozetou a přírubou je kluzný kroužek vyrobený z polymeru (obr. 38).



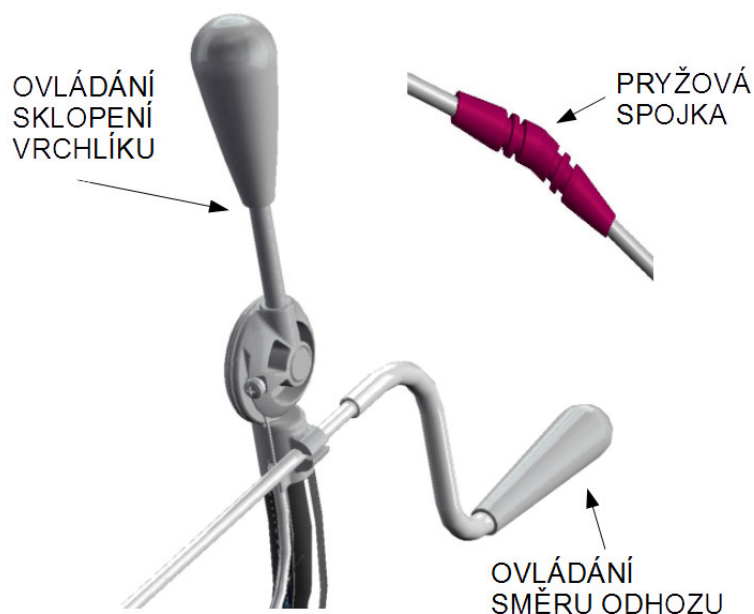
Obr. 30 Uložení vyhazovacího komínu

Směr a vzdálenost odhozu musí být ovladatelná z místa řidiče. Proto je v dosahu řidiče umístěna páka a klička. Ty jsou upevněny na rámu traktoru pomocí jednoduché objímky vyrobené z plastu, stažené šroubem a demontovatelné rukou. Trubka nesoucí páku je na objímce nasunuta a pojištěna závlačkou (viz obr. 39).



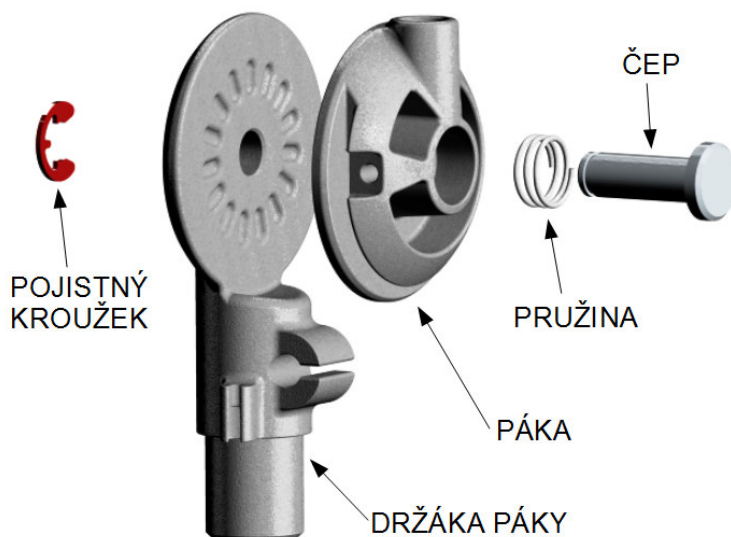
Obr. 31 Objímka

Ovládací část tvoří páka pro nastavování úhlu sklopení vrchlíku a kličky, kterou se otáčí komínem. Krouticí moment se přenáší z kličky přes tyčky spojené pryžovými spojkami. Ty jsou pružné a umožňují přenos momentu mezi nesouosými tyčkami ke šneku, jenž otáčí rozetou (obr. 40).



Obr. 32 Ovládání komínu

Síla ovládací vrchlík se přenáší z páky lankem, vedeným v bowdenu. Na straně komínu vrací vrchlík do původní polohy tlačná pružina. Lanko je zde odnímatelné, aby bylo možné frézu od traktoru odejmout nezávisle na pákách. Kličku lze odpojit buď v pryžové spojnici, nebo vyjmout z držáku.



Obr. 33 Táhlo

Tělo táhla je tvořeno dvěma plastovými díly, pružinou a čepem s pojistným kroužkem (viz obr. 41). Jeden z dílů je zasazen v trubce, má nálitky pro uchycení bowdenu s lankem a kličky. Dále prohlubně, do kterých je tlačén protidíl s výstupky pružinou. Tím fixuje polohu páky i vrchlíku.

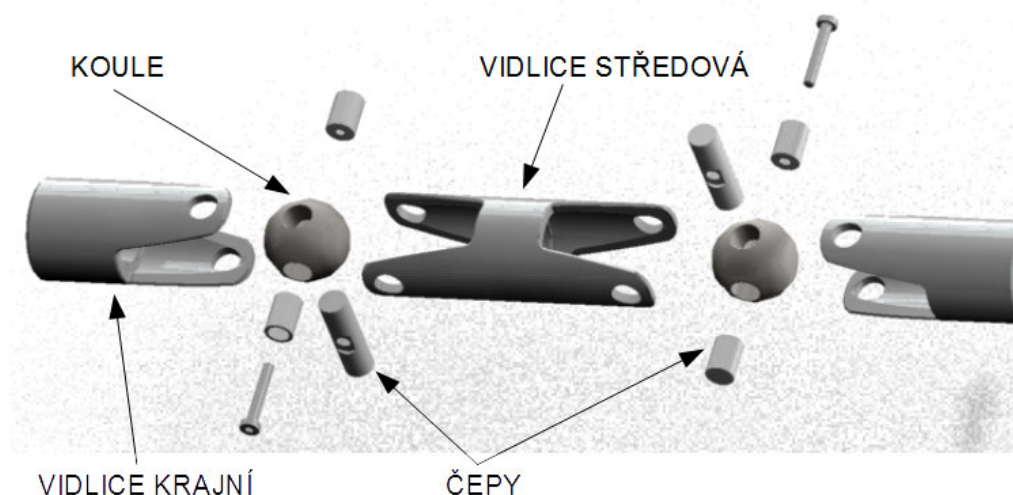
5.6 Náhon frézy

Fréza je poháněna od řemenice traktoru, která je určena k pohonu sekacích nožů v zimních měsících nevyužitých. Moment je nejprve veden řemenem do kuželové převodovky a odtud kardanovým kloubem na hnací hřídel.

Kardanový kloub spojuje hnací hřídel s kuželovou převodovkou. Díky němu je možné naklápění frézy vůči traktoru za chodu. Při zvedání frézy nebo přejíždění nerovností.

Skládá se ze dvou vidlic s otvory pro hřídel s drážkou na pero, středové vidlice, dvou koulí a čepů. Čepy jsou pojištěny šroubem (obr. 48).

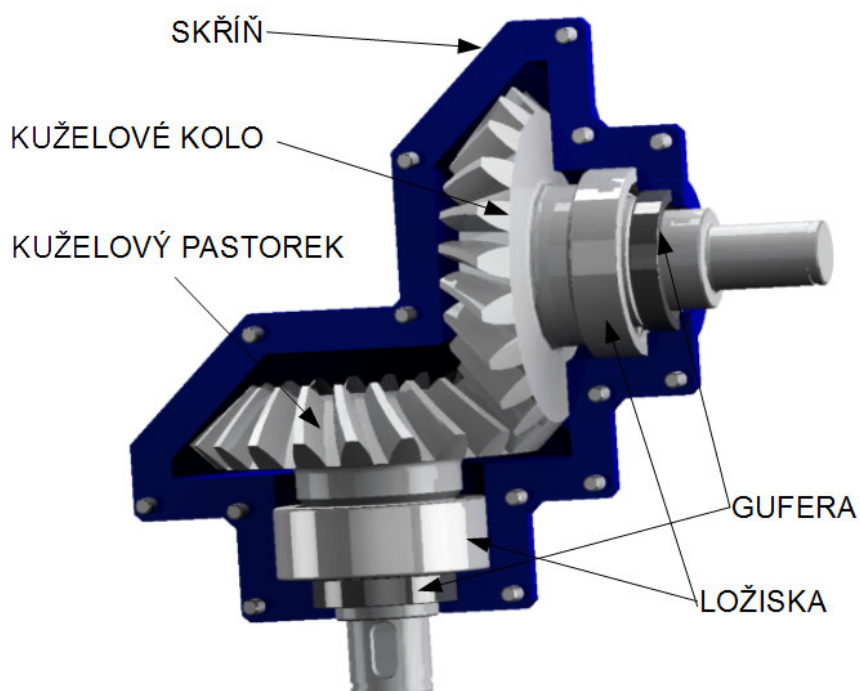
Čepy jsou namazány plastickým mazivem s dlouhou životností. Kloub je překryt pryžovou manžetou, která chrání kloub před nečistotami a zabraňuje úniku maziva.



Obr. 34 Rozstřel kardanového kloubu

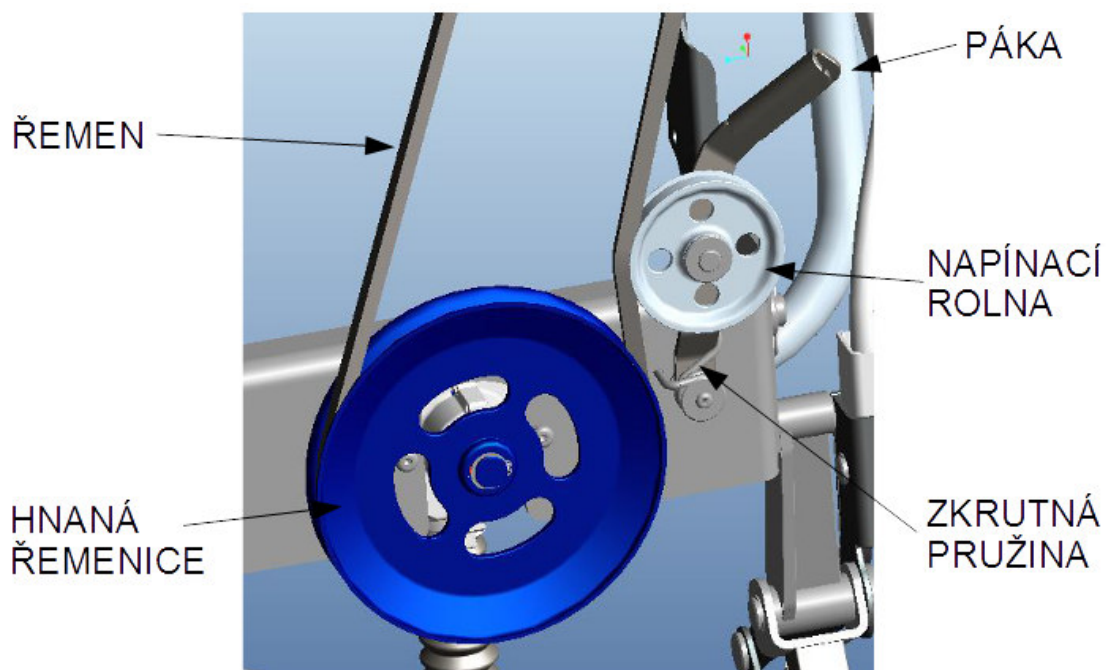
Převodovka slouží k převodu otáčení ze svislé na vodorovnou osu. Je tvořena kuželovým soukolím se šikmými zuby. Skříň je odlita ze slitiny hliníku, obě poloviny jsou staženy k sobě šrouby a těsněno pryžovým těsněním (viz obr. 50). Vstupní a výstupní hřídel je těsněn guferem. Na vstupní hřídeli je nasazena řemenice a na výstupu připevněn kardanový kloub.

Rozměry kuželových kol jsem vygeneroval v programu Autodesk Inventor Professional 2013. Výsledky viz příloha C.



Obr. 35 Kuželová převodovka

Řemen přenáší moment z hnací řemenice motoru na hnanou řemenici kuželové převodovky.



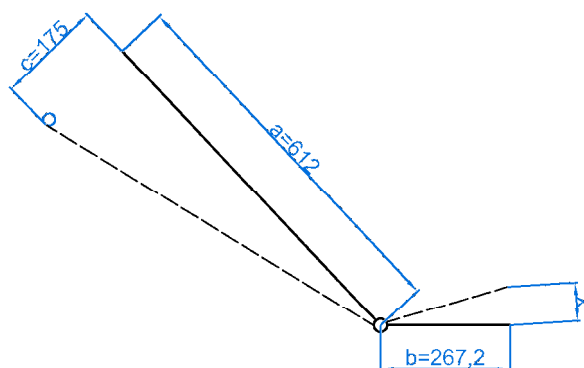
Obr. 36 Napínání řemene

Napínání řemene jsem zvolil pomocí napínací kladky (viz obr. 52). Kladka je uchycena k páce čepem, přes kluzné bronzové pouzdro. Páka je tlačena zkrutnou pružinou a tím přes kladku napíná řemen. Při nasazování nebo sundávání řemenu lze páku snadno uchopit rukou a řemen vypnout.

7 NÁVRHOVÉ A KONTROLNÍ VÝPOČTY

7.1 Určení velikosti nadzvednutí pákou

Zde je výpočet zdvihu, který páka umožní. Výsledkem je nadzdvížení kol nad terén o 76mm.

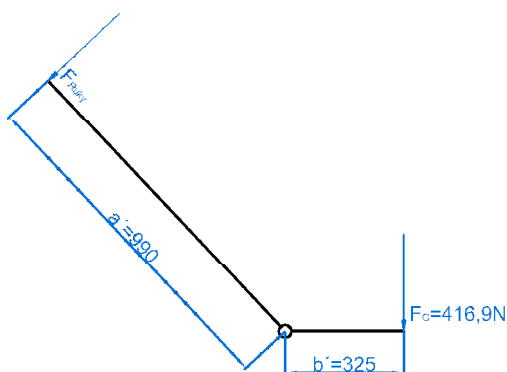


Obr. 37 Schéma výpočtu zdvihu

$$x = \frac{b}{a} \cdot c = \frac{267,2}{612} \cdot 175 = \underline{76,4mm} \quad (7.1)$$

7.2 Síla potřebná ke zvednutí

Výpočet síly, kterou je třeba vyvodit na rukojeť páky, aby došlo ke zdvižení frézy.



Obr. 38 Síly na páce

$$F_G = m_F \cdot g = 42,5 \cdot 9,81 = \underline{416,9N} \quad (7.2)$$

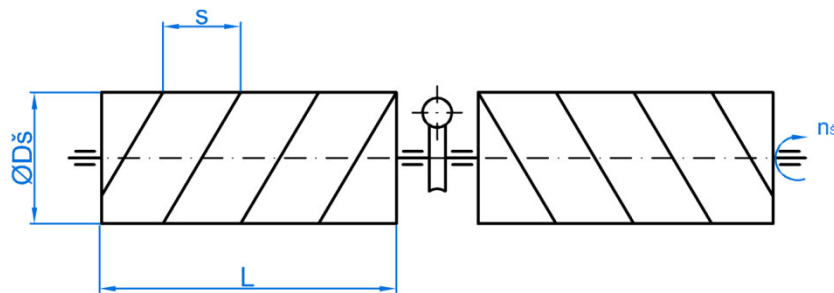
$$F_{RUKY} \cdot a^I = F_G \cdot b^I \quad (7.3)$$

$$F_{RUKY} = \frac{F_G \cdot b^I}{a^I} = \frac{416,9 \cdot 325}{990} = 136,9N$$

Maximální potřebná síla vyvozená na konci páky odpovídá 136,9N. Tuto sílu lze vyvolat rukou.

7.3 Výpočet otáček podávacího šneku

Při výpočtu potřebných otáček podávacího šneku vycházím ze zvolených rozměrů a objemu sněhu dopraveného za jednotku času. Průměr a rozteč šneku jsem volil v závislosti na velikosti frézy a vycházel jsem z parametrů vyráběných fréz.



Obr. 39 Schéma šneků

Volím:

$$D_s = 340mm$$

$$s = 250mm$$

Objem odklizeného sněhu jedním šnekem, při pojezdu 1,3km/h:

$$V = a \cdot L \cdot h \quad (7.4)$$

$$V = 0,36 \cdot 0,55 \cdot 0,3 = 0,0594m^3$$

$a[m]$... vzdálenost ujetá traktorem za 1s při maximální rychlosti 1,3km/h

$L[m]$... šířka záběru jednoho šneku

$h[m]$... maximální výška vrstvy sněhu

Objemový průtok sněhu jedním šnekem, při pojezdu 1,3km/h:

$$Q_v = \frac{V}{t} = \frac{0,0594}{1} = 0,0594m^3 \cdot s^{-1} = 213,84m^3 \cdot h^{-1} \quad (7.5)$$

Výpočet potřebných otáček šneku:

$$Q_v = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} \cdot s \cdot \psi \cdot n_s \cdot \lambda \quad (7.6)$$

$$n_s = \frac{4 \cdot Q_v}{3600 \cdot \pi \cdot D_s^2 \cdot s \cdot \psi \cdot \lambda} = \frac{4 \cdot 213,84}{3600 \cdot \pi \cdot 0,34^2 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot 1} = 4,362s^{-1} = 261,7 \min^{-1}$$

Volím:

$$n_{\dot{s}} = 270 \text{ min}^{-1}$$

$s[m]$... stoupání šneku

$\psi[-]$... součinitel plnění

$\lambda[-]$... součinitel naklonění šneku

Výsledkem jsou otáčky, potřebné ke zpracování daného množství sněhu při pojezdové rychlosti.

7.4 Výkon na hřídeli podávacích šneků

Hmotnostní průtok mokrého sněhu jedním šnekem:

$$Q_m = Q_v \cdot \rho_{SM} = 213,84 \cdot 400 = \underline{85536 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}} = 85,5 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1} \quad (7.7)$$

$\rho_{SM} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$... měrná hmotnost mokrého sněhu [3]

Potřebný výkon na hřídeli šneku:

$$P_{\dot{s}} = \frac{Q_m \cdot L}{3600} \cdot (w \cdot \cos \varepsilon + \sin \varepsilon) \cdot g \cdot \frac{1}{\eta_L} \cdot i \quad (7.8)$$

$$P_{\dot{s}} = \frac{85,5 \cdot 0,55}{3600} \cdot (2 \cdot \cos 0^\circ + \sin 0^\circ) \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{0,98^4} \cdot 2$$

$$P_{\dot{s}} = \underline{0,507 \text{ kW}}$$

$w[-]$... odpor materiálu [16]

$i[-]$... počet šneků

$\eta_L[-]$... účinnost 4 ložisek

$\varepsilon[^\circ]$... naklonění šneku

Při výpočtu výkonu na hřídeli šneku jsem použil analogicky vzorců pro výpočty šnekových dopravníků. Potřebný výkon je 0,507kW.

7.5 Axiální síla vyvozená podávacím šnekem

Úhel stoupání šneku:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{\pi \cdot D_{\dot{s}}} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \frac{s}{\pi \cdot D_{\dot{s}}} = \operatorname{arctg} \frac{0,25}{\pi \cdot 0,34} = \underline{13,17^\circ} \quad (7.9)$$

Úhel tření (ocel-sníh):

$$f = \operatorname{tg} \varphi$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} f = \operatorname{arctg} 0,03 = 1,72^\circ$$
(7.10)

$f[-]$... součinitel tření mezi ocelí a sněhem [23]

Moment na hřídeli šneku:

$$M_{kš} = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n_{š}}{60}} = \frac{507}{2 \cdot \pi \cdot \frac{270}{60}} = 17,93 \text{ N} \cdot \text{m}$$
(7.11)

Účinný poloměr šneku:

$$R_s = 0,5 \cdot \frac{D_{š}}{2} = 0,5 \cdot \frac{0,34}{2} = 0,085 \text{ m}$$
(7.12)

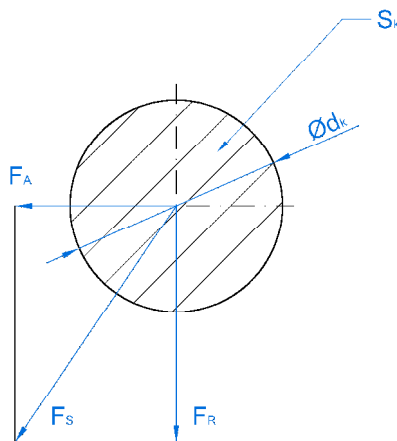
Axiální síla:

$$F_A = \frac{M_{kš}}{R_s \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} = \frac{17,93}{0,085 \cdot \operatorname{tg}(13,17^\circ + 1,72^\circ)} = 793,3 \text{ N}$$
(7.13)

Axiální síla způsobená reakcí na odpor materiálu je 793,3N.

7.6 Výpočet průměru pojistného kolíku na šneku

Jednotliví šneci jsou spojeni s poháněcím hřídelem pomocí střížných kolíků. V případě přetížení nebo zablokování lopatek šneku dojde k ustřížení kolíku.



Obr. 40 Rozložení sil na kolíku

Výpočet střížné síly působící na kolík:

$$F_A = 793,3 \text{ N}$$

$$F_R = \frac{M_{kš}}{R} = \frac{17930}{16} = 1120,6 \text{ N}$$
(7.14)

$$F_S = \sqrt{F_A^2 + F_R^2} = \sqrt{793,3^2 + 1120,6^2} = \underline{1373N} \quad (7.15)$$

$$F_{SP} = F_S \cdot p = 1373 \cdot 1,8 = \underline{2471N} \quad (7.16)$$

$p[-]$... součinitel přetížení

Výpočet střížné plochy:

$$\tau_{SD} = \frac{F_{SP}}{2 \cdot S_k} \Rightarrow S_k = \frac{F_{SP}}{2 \cdot \tau_{SD}} = \underline{13mm^2} \quad (7.17)$$

$\tau_{SD}[MPa]$... mez pevnosti ve smyku [18]

Průměr kolíku:

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot S_k}{\pi}} = 4,1mm$$

Volím:

$$d_k = \underline{4mm}$$

Kontrola kolíku na otláčení:

$$p = \frac{F_{SP}}{2 \cdot S} = \frac{2471}{2 \cdot 4 \cdot 4} = \underline{77,2MPa \leq 80MPa} \quad (7.18)$$

Pojistný kolík má průměr 4mm a vyhovuje kontrole na otláčení.

7.7 Výpočet otáček turbíny

Požadovaný objemový průtok turbínou:

$$Q_{VT} = 2 \cdot Q_V = 2 \cdot 213,84 = \underline{427,68m^3 \cdot h^{-1} = 7,128m^3 \cdot min^{-1}} \quad (7.19)$$

Objem turbíny při jednom otočení:

$$V_T = \frac{\pi \cdot D_T^2}{4} \cdot L_T \cdot \psi = \frac{\pi \cdot 0,3^2}{4} \cdot 0,14 \cdot 0,5 = \underline{0,00495m^3} \quad (7.20)$$

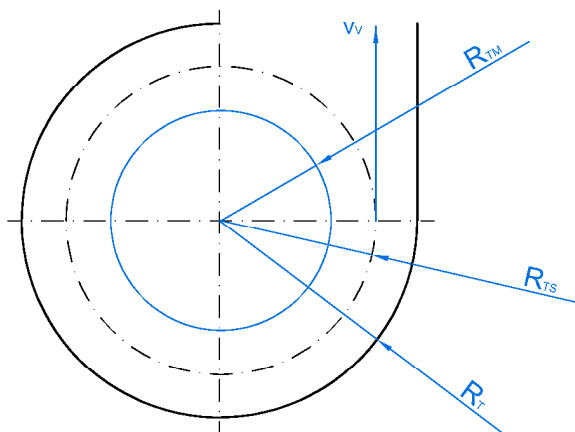
$D_T[m]$... průměr turbíny

$L_T[m]$... délka turbíny

$\psi[-]$... součinitel plnění

Otáčky turbíny:

$$n_T = \frac{Q_{VT}}{V_T} = \frac{7,128}{0,00495} = \underline{1440,6ot \cdot min^{-1}} \quad (7.21)$$



Obr. 41 Schéma průměrů turbíny

Volím:

$$n_T = 1450 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

Aby byla turbína schopna vyhazovat přiváděný sníh, otáčky musí být 1450 min^{-1} .

7.8 Výpočet maximální výhozové rychlosti

Střední průměr:

$$r_{TM} = \frac{D_{TM}}{2} = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot V_T}{\pi \cdot L_T}}}{2} = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot 0,00495}{\pi \cdot 0,14}}}{2} = 0,106 \text{ m} \quad (7.22)$$

$$r_{TS} = \frac{\frac{D_T}{2} + r_{TM}}{2} = \frac{0,15 + 0,106}{2} = 0,128 \text{ m} \quad (7.23)$$

Úhlová rychlost:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{1450}{60} = 151,9 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.24)$$

Výhozová rychlost na středním průměru:

$$v_V = \omega \cdot r_{TS} = 151,9 \cdot 0,128 = 19,44 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.25)$$

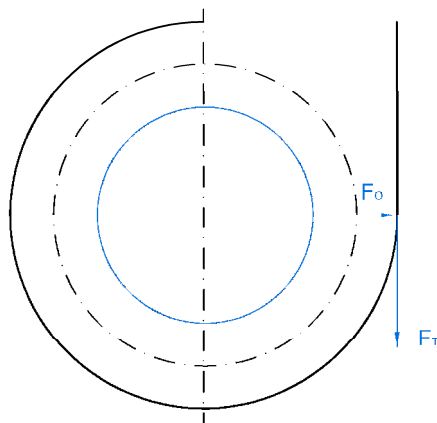
Sníh bude opouštět turbínu rychlostí $19,44 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

7.9 Výpočet potřebného výkonu turbíny

Hmotnost vyhazovaného sněhu:

$$m_s = \frac{\frac{\pi \cdot D_T^2}{4} \cdot L_T}{i_L} \cdot \psi \cdot \rho_{SM} = \frac{\frac{\pi \cdot 0,3^2}{4} \cdot 0,14}{3} \cdot 0,5 \cdot 400 = \underline{0,659 kg} \quad (7.26)$$

Dráha těžiště:



Obr. 42 Schéma sil turbíny

$$s_T = \frac{3}{2} \cdot \pi \cdot r_{TS} = \frac{3}{2} \cdot \pi \cdot 0,128 = \underline{0,603 m} \quad (7.28)$$

Síla potřebná k urychlení elementu sněhu na $15 m \cdot s^{-1}$:

$$F_V = \frac{m_s \cdot v_V^2}{2 \cdot s_T} = \frac{0,659 \cdot 15^2}{2 \cdot 0,603} = \underline{122,9 N} \quad (7.29)$$

Moment tvořený silou F_V :

$$M_{kv} = r_{TS} \cdot F_V = 0,128 \cdot 122,9 = \underline{15,73 N \cdot m} \quad (7.30)$$

Potřebný výkon pro urychlení:

$$P_V = M_{kv} \cdot \omega = 15,73 \cdot 151,9 = \underline{2390 W} \quad (7.31)$$

Odpor vznikající třením sněhu o stěnu:

$$F_T = f \cdot F_O = 0,02 \cdot 2280,8 = \underline{45,6 N} \quad (7.32)$$

Odstředivá síla:

$$F_O = m_s \cdot \omega^2 \cdot r_T = 0,659 \cdot 151,9^2 \cdot 0,15 = \underline{2280,8 N} \quad (7.33)$$

Moment způsobený třecí silou:

$$M_{kT} = r_T \cdot F_T = 0,15 \cdot 45,6 = \underline{6,84 N \cdot m} \quad (7.34)$$

Potřebný výkon pro překonání odporu:

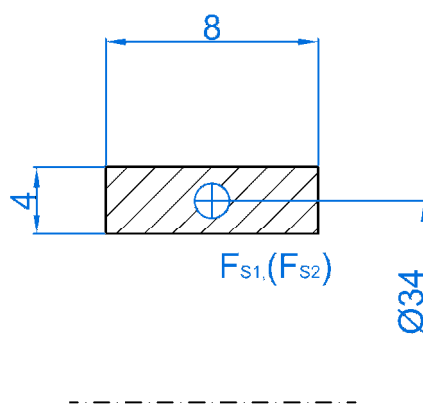
$$P_T = \omega \cdot M_{kT} = 151,9 \cdot 6,84 = \underline{1039W} \quad (7.35)$$

Celkový výkon turbíny:

$$P_{TC} = P_V + P_T = 2390 + 1039 = \underline{3429W} \quad (7.36)$$

Potřebný výkon turbíny je dán součtem výkonu pro urychlení sněhu a ztrátového výkonu třením sněhu o stěny.

7.10 Kontrola kolíků turbíny na otlačení



Obr. 43 Schéma zatížení kolíku

$$F_{s1} = \frac{Mk}{D_s} = \frac{17200}{34} = \underline{505,9N} \quad (7.37)$$

$$p_1 = \frac{F_{s1}}{S} = 505,9 = \underline{15,8MPa \leq 100MPa} \quad (7.38)$$

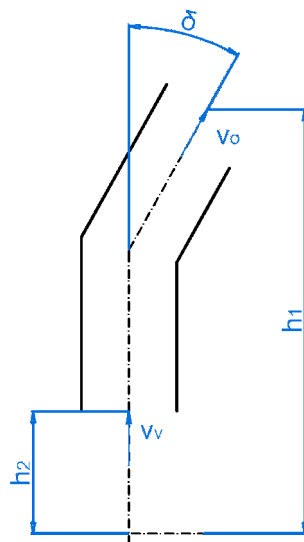
$$F_{s1} = \frac{Mk}{D_s} = \frac{8700}{34} = \underline{255,9N} \quad (7.39)$$

$$p_2 = \frac{F_{s2}}{S} = \frac{255,9}{32} = \underline{8MPa \leq 100MPa} \quad (7.40)$$

Kolíky vyhovují kontrole na otlačení.

7.11 Výpočet vzdálenosti odhozu

Při výpočtu vzdálenosti vycházím z výpočtů šikmého vrhu s odporem vzduchu. Počáteční rychlost sněhu se v komínu snižuje v důsledku ztát z tření a ohybu.



Obr. 44 Schéma rychlostí

Ztráta v ohybu komínu:

$$z = z_t + z_{so} \quad (7.41)$$

Ztráta v ohybu pro $\delta = 15^\circ$:

$$z_{so15} = \xi_{so15} \cdot \frac{v_v^2}{2 \cdot g} = 0,04 \cdot \frac{15^2}{2 \cdot 9,81} = \underline{0,46m} \quad (7.42)$$

Ztráta v ohybu pro $\delta = 30^\circ$:

$$z_{so30} = \xi_{so30} \cdot \frac{v_v^2}{2 \cdot g} = 0,13 \cdot \frac{15^2}{2 \cdot 9,81} = \underline{1,49m} \quad (7.43)$$

Ztráta v ohybu pro $\delta = 45^\circ$:

$$z_{so45} = \xi_{so45} \cdot \frac{v_v^2}{2 \cdot g} = 0,24 \cdot \frac{15^2}{2 \cdot 9,81} = \underline{2,75m} \quad (7.44)$$

Ztráta v ohybu pro $\delta = 60^\circ$:

$$z_{so60} = \xi_{so60} \cdot \frac{v_v^2}{2 \cdot g} = 0,47 \cdot \frac{15^2}{2 \cdot 9,81} = \underline{5,39m} \quad (7.45)$$

Ztráta třením:

$$z_t = \frac{\lambda \cdot L_k}{D_K} \cdot \frac{v_v^2}{2 \cdot g} = \frac{0,02 \cdot 0,8375}{0,14} \cdot \frac{15^2}{2 \cdot 9,81} = \underline{1,37m} \quad (7.46)$$

$\Delta = 0,2[-]$... drsnost potrubí [17]

$\lambda = 0,02[-]$... součinitel ztráty třením [17]

Celková ztráta v komínu:

$$z_{15} = z_t + z_{so15} = 1,37 + 0,46 = \underline{1,83m} \quad (7.47)$$

$$z_{30} = z_t + z_{so30} = 1,37 + 1,49 = \underline{2,86m} \quad (7.48)$$

$$z_{45} = z_t + z_{so45} = 1,37 + 2,75 = \underline{4,12m} \quad (7.49)$$

$$z_{60} = z_t + z_{so60} = 1,37 + 5,39 = \underline{6,76m} \quad (7.50)$$

Výstupní rychlosti v závislosti na úhlu:

$$h_2 + \frac{v_v^2}{2 \cdot g} - h_1 - \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = z \quad (7.51)$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{v_v^2 - 2 \cdot g \cdot (z - h_2 + h_1)} \quad (7.52)$$

$$h_1 = 0,993m, \quad h_2 = 0,349m$$

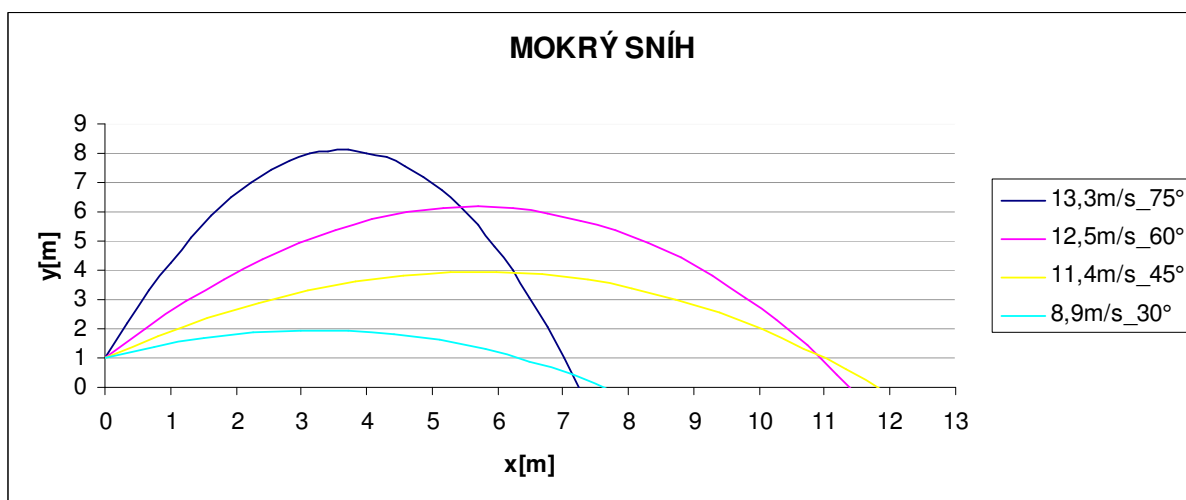
$$v_{015} = \sqrt{15^2 - 2 \cdot g \cdot (1,83 - 0,349 + 0,993)} = \underline{13,3m \cdot s^{-1}}$$

$$v_{030} = \sqrt{15^2 - 2 \cdot g \cdot (2,86 - 0,349 + 0,993)} = \underline{12,5m \cdot s^{-1}}$$

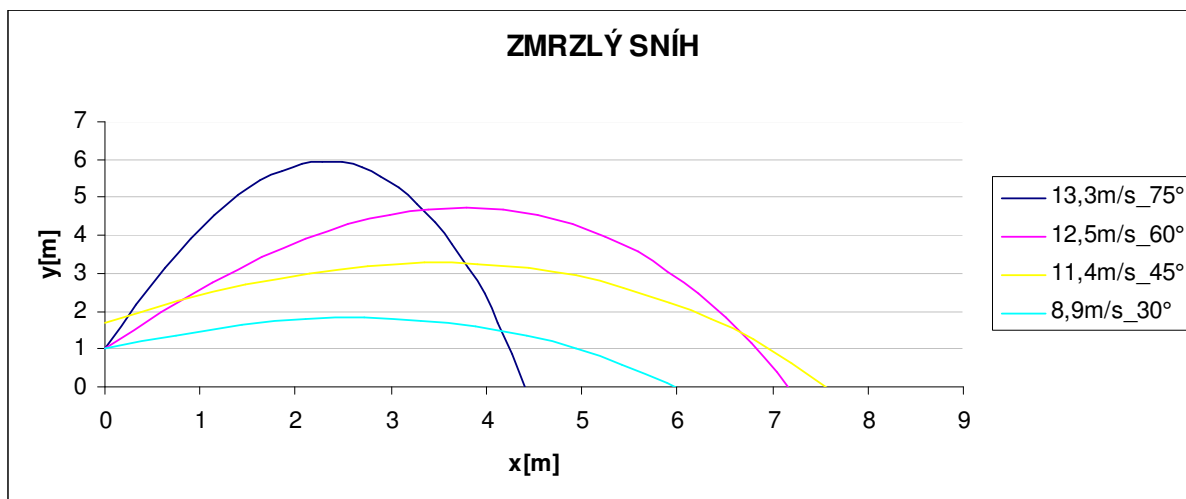
$$v_{045} = \sqrt{15^2 - 2 \cdot g \cdot (4,15 - 0,349 + 0,993)} = \underline{11,4m \cdot s^{-1}}$$

$$v_{060} = \sqrt{15^2 - 2 \cdot g \cdot (6,76 - 0,349 + 0,993)} = \underline{8,9m \cdot s^{-1}}$$

Určeno pro odlišné hustoty sněhu a závislosti na úhlu vržení. Výpočty a grafy jsem zpracoval v programu Microsoft Office Excel.

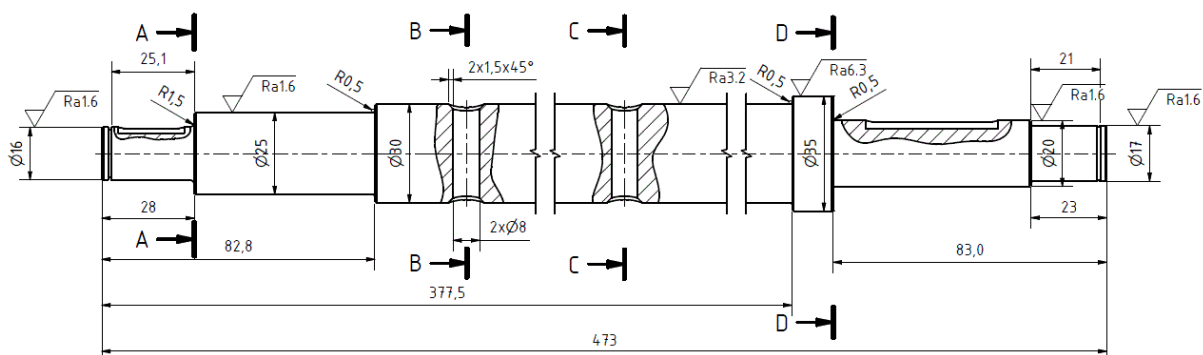


Obr. 45 Balistické křivky mokrého sněhu

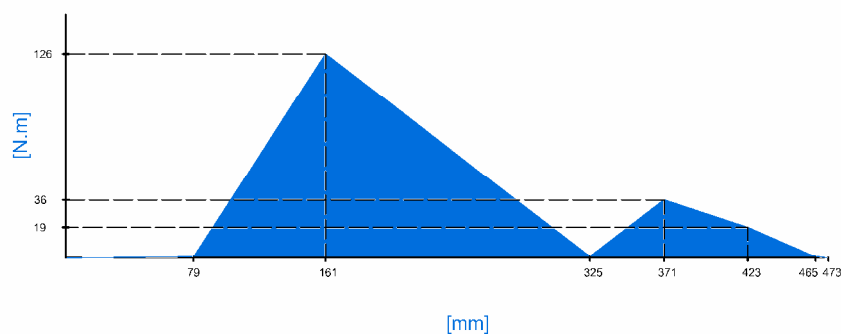


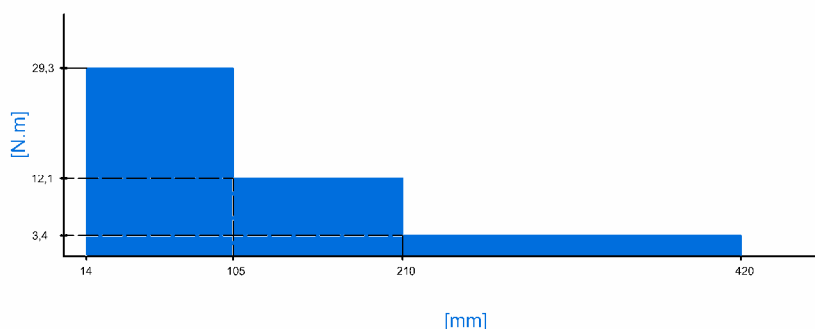
Výsledkem jsou maximální vzdálenosti odhozu v závislosti na sněhu a úhlu (obr. 43 a 44)

7.12 Návrh a kontrola hřídele



Průběhy ohybového a krouticího momentu:





Obr. 49 Průběh krouticího momentu

Statická kontrola hřídele

Průřez A-A:

$$\begin{aligned} M_{kAA} &= k_A \cdot M_{kA} = 1,5 \cdot 29300 = \underline{43950 N \cdot mm} \\ M_{oAA} &= k_A \cdot M_{oA} = 1,5 \cdot 6 = \underline{9 N \cdot mm} \end{aligned} \quad (7.53)$$

Ohyb:

$$\sigma_{SoAA} = \frac{32 \cdot M_{oAA}}{\pi \cdot d_A^3} \cdot \alpha_{\sigma AA} = \frac{32 \cdot 9}{\pi \cdot 16^3} \cdot 1,65 = \underline{0,0369 MPa} \quad (7.54)$$

$$\alpha_{\sigma AA} = 1,65 \quad \frac{R_A}{d_A} = \frac{1,5}{16} = 0,094 \quad \frac{D_A}{d_A} = \frac{25}{16} = 1,563 \text{ [15]}$$

Krut:

$$\tau_{SAA} = \frac{16 \cdot M_{kAA}}{\pi \cdot d_A^3} \cdot \alpha_{\tau AA} = \frac{16 \cdot 43950}{\pi \cdot 16^3} \cdot 1,45 = \underline{79,2386 MPa} \quad (7.55)$$

$$\alpha_{\tau AA} = 1,45 \text{ [15]}$$

Redukované napětí podle Guesta v průřezu A-A:

$$\sigma_{REDAA} = \sqrt{\sigma_{SoAA}^2 + 4 \cdot \tau_{SAA}^2} = \sqrt{0,0369^2 + 4 \cdot 79,2386^2} = \underline{158,48 MPa} \quad (7.56)$$

Průřez B-B:

$$\begin{aligned} M_{kBB} &= k_A \cdot M_{kB} = 1,5 \cdot 12100 = \underline{18150 N \cdot mm} \\ M_{oBB} &= k_A \cdot M_{oB} = 1,5 \cdot 48432 = \underline{72648 N \cdot mm} \end{aligned} \quad (7.57)$$

Ohyb:

$$\sigma_{SoBB} = \frac{32 \cdot M_{oBB}}{\pi \cdot d_B^3} \cdot \alpha_{\sigma BB} = \frac{32 \cdot 72648}{\pi \cdot 30^3} \cdot 1,85 = \underline{50,7028 MPa} \quad (7.58)$$

$$\alpha_{\sigma BB} = 1,85 \quad \frac{d}{D_B} = \frac{8}{30} = 0,27 \text{ [15]}$$

Krut:

$$\tau_{SBB} = \frac{16 \cdot M_{kBB}}{\pi \cdot d_B^3} \cdot \alpha_{\tau BB} = \frac{16 \cdot 18150}{\pi \cdot 30^3} \cdot 2,85 = \underline{9,7573 MPa} \quad (7.59)$$

$$\alpha_{\tau BB} = 2,85 \quad [15]$$

Redukované napětí podle Guesta v průřezu B-B:

$$\sigma_{RED_{BB}} = \sqrt{\sigma_{SoBB}^2 + 4 \cdot \tau_{SBB}^2} = \sqrt{50,7028^2 + 4 \cdot 9,7573^2} = \underline{54,33 MPa} \quad (7.60)$$

Průřez C-C:

$$M_{kCC} = k_A \cdot M_{kC} = 1,5 \cdot 3400 = \underline{5100 N \cdot mm}$$

$$M_{oCC} = k_A \cdot M_{oC} = 1,5 \cdot 88576 = \underline{132864 N \cdot mm} \quad (7.61)$$

Ohyb:

$$\sigma_{SoCC} = \frac{32 \cdot M_{oCC}}{\pi \cdot d_C^3} \cdot \alpha_{\sigma CC} = \frac{32 \cdot 132864}{\pi \cdot 30^3} \cdot 1,85 = \underline{92,7289 MPa} \quad (7.62)$$

$$\alpha_{\sigma CC} = 1,85 \quad \frac{d}{D_C} = \frac{8}{30} = 0,27 \quad [15]$$

Krut:

$$\tau_{SCC} = \frac{16 \cdot M_{kCC}}{\pi \cdot d_C^3} \cdot \alpha_{\tau CC} = \frac{16 \cdot 5100}{\pi \cdot 30^3} \cdot 2,85 = \underline{2,7417 MPa} \quad (7.63)$$

$$\alpha_{\tau CC} = 2,85 \quad [15]$$

Redukované napětí podle Guesta v průřezu C-C:

$$\sigma_{RED_{CC}} = \sqrt{\sigma_{SoCC}^2 + 4 \cdot \tau_{SCC}^2} = \sqrt{92,7289^2 + 4 \cdot 2,7417^2} = \underline{92,89 MPa} \quad (7.64)$$

Průřez D-D:

$$M_{kDD} = k_A \cdot M_{kD} = 1,5 \cdot 3400 = \underline{5100 N \cdot mm}$$

$$M_{oDD} = k_A \cdot M_{oD} = 1,5 \cdot 30022 = \underline{45033 N \cdot mm} \quad (7.65)$$

Ohyb:

$$\sigma_{SoDD} = \frac{32 \cdot M_{oDD}}{\pi \cdot d_D^3} \cdot \alpha_{\sigma DD} = \frac{32 \cdot 45032}{\pi \cdot 30^3} \cdot 2,55 = \underline{146,2081 MPa} \quad (7.66)$$

$$\alpha_{\sigma DD} = 2,55 \quad \frac{R_D}{d_D} = \frac{0,5}{20} = 0,025 \quad \frac{D_D}{d_D} = \frac{35}{20} = 1,75 \quad [15]$$

Krut:

$$\tau_{SDD} = \frac{16 \cdot M_{kDD}}{\pi \cdot d_D^3} \cdot \alpha_{\tau DD} = \frac{16 \cdot 5100}{\pi \cdot 20^3} \cdot 2,25 = \underline{7,3052 MPa} \quad (7.67)$$

$$\alpha_{\tau DD} = 2,25 \quad [15]$$

Redukované napětí podle Guesta v průřezu D-D:

$$\sigma_{RED_{DD}} = \sqrt{\sigma_{SoDD}^2 + 4 \cdot \tau_{SDD}^2} = \sqrt{146,2081^2 + 4 \cdot 7,3052^2} = \underline{146,94MPa} \quad (7.68)$$

Statická bezpečnost

Materiál hřídele: 11523.0 $\Rightarrow Rm = 520MPa$, $Re = 333MPa$ [15]

$$\text{Průřez A-A: } k_{S_{AA}} = \frac{Re}{\sigma_{RED_{AA}}} = \frac{333}{158,48} = \underline{2,1} \quad (7.69)$$

$$\text{Průřez B-B: } k_{S_{BB}} = \frac{Re}{\sigma_{RED_{BB}}} = \frac{333}{54,33} = \underline{6,1} \quad (7.70)$$

$$\text{Průřez C-C: } k_{S_{CC}} = \frac{Re}{\sigma_{RED_{CC}}} = \frac{333}{92,89} = \underline{3,6} \quad (7.71)$$

$$\text{Průřez D-D: } k_{S_{DD}} = \frac{Re}{\sigma_{RED_{DD}}} = \frac{333}{146,94} = \underline{2,3} \quad (7.72)$$

Tab. 10 Statická bezpečnost

Průřez	Statická bezpečnost
A-A	2,1
B-B	6,1
C-C	3,6
D-D	2,3

Požadovaná statická bezpečnost strojních součástí by měla být větší než 1,5. Podle požadavků a typu součásti. Hřídel vyhovuje statické kontrole ve všech kritických průřezích.

Dynamická kontrola

Mez únavy v ohybu oceli 11 523 pro hladký vzorek:

$$\sigma_{CO} = 0,49 \cdot Rm = 0,49 \cdot 520 = \underline{254,8MPa} \quad (7.73)$$

Vrubový součinitel v průřezu A-A podle Neubergera:

$$\beta_{AA} = 1 + \frac{\alpha_{\sigma AA} - 1}{1 + \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\rho_{AA}}}} = 1 + \frac{1,65 - 1}{1 + \frac{0,44}{\sqrt{1,5}}} = \underline{1,5} \quad (7.74)$$

$\alpha_{\sigma AA} = 1,65[-]$... součinitel vrubu v ohybu [15]

$\sqrt{A} = 0,44[-]$... Neuberova konstanta vrubové citlivosti pro materiál 11523 [26]

$\rho_{AA} = 1,5[mm]$... poloměr vrubu v Průřezu A-A

Mez únavy skutečné součásti v průřezu A-A:

$$\sigma_{COAA}^* = \sigma_{CO} \cdot \frac{\varepsilon_{AA} \cdot \eta_{AA}}{\beta_{AA}} = 254,8 \cdot \frac{0,98 \cdot 0,85}{1,5} = \underline{141,5 MPa} \quad (7.75)$$

$\varepsilon_{AA} [-]$... součinitel velikosti v průřezu A-A [15]

$\eta_{AA} [-]$... součinitel jakosti povrchu v průřezu A-A [15]

$\beta_{AA} [-]$... vrubový součinitel v průřezu A-A podle Neubera

Amplituda napětí v průřezu A-A:

$$\sigma_{aoAA} = \frac{32 \cdot M_{OAA}}{\pi \cdot d_A^3} = \frac{32 \cdot 9}{\pi \cdot 16^3} = \underline{0,02 MPa} \quad (7.76)$$

Součinitel dynamické bezpečnosti v ohybu:

$$k_{d\sigma AA} = \frac{\sigma_{COAA}^*}{\sigma_{aoAA}} = \frac{141,5}{0,02} = \underline{7075} \quad (7.77)$$

Součinitel statické bezpečnosti ve smyku:

$$k_{S\tau AA} = \frac{0,577 \cdot Re}{\tau_{SAA}} = \frac{0,577 \cdot 333}{79,2386} = \underline{2,4} \quad (7.78)$$

Výsledná bezpečnost v průřezu A-A:

$$k_{VAA} = \frac{k_{d\sigma AA} \cdot k_{d\tau AA}}{\sqrt{k_{d\sigma AA}^2 + k_{d\tau AA}^2}} = \frac{7075 \cdot 2,4}{\sqrt{7075^2 + 2,4^2}} = \underline{2,4} \quad (7.79)$$

Vrubový součinitel v průřezu B-B podle Neubera:

$$\beta_{BB} = 1 + \frac{\alpha_{\sigma BB} - 1}{1 + \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\rho_{BB}}}} = 1 + \frac{1,85 - 1}{1 + \frac{0,44}{\sqrt{4}}} = \underline{1,7} \quad (7.80)$$

$\alpha_{\sigma BB} = 1,85 [-]$... součinitel vrubu v ohybu [15]

$\sqrt{A} = 0,44 [-]$... Neuberova konstanta vrubové citlivosti pro materiál 11523 [26]

$\rho_{BB} = 4 [-]$... poloměr vrubu v Průřezu B-B [15]

Mez únavy skutečné součásti v průřezu B-B:

$$\sigma_{COBB}^* = \sigma_{CO} \cdot \frac{\varepsilon_{BB} \cdot \eta_{BB}}{\beta_{BB}} = 254,8 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,78}{1,7} = \underline{99,4 MPa} \quad (7.81)$$

$\varepsilon_{BB} [-]$... součinitel velikosti v průřezu B-B [15]

$\eta_{BB} [-]$... součinitel jakosti povrchu v průřezu B-B [15]

$\beta_{BB} [-]$... vrubový součinitel v průřezu B-B podle Neubera

Amplituda napětí v průřezu B-B:

$$\sigma_{aoBB} = \frac{32 \cdot M_{OBB}}{\pi \cdot d_B^3} = \frac{32 \cdot 72648}{\pi \cdot 30^3} = \underline{27,4MPa} \quad (7.82)$$

Součinitel dynamické bezpečnosti v ohybu:

$$k_{d\sigma BB} = \frac{\sigma_{COBB}^*}{\sigma_{aoBB}} = \frac{99,4}{27,4} = \underline{3,6} \quad (7.83)$$

Součinitel statické bezpečnosti ve smyku:

$$k_{s\tau BB} = \frac{0,577 \cdot Re}{\tau_{SBB}} = \frac{0,577 \cdot 333}{9,7573} = \underline{19,7} \quad (7.84)$$

Výsledná bezpečnost v průřezu B-B:

$$k_{VBB} = \frac{k_{d\sigma BB} \cdot k_{d\tau BB}}{\sqrt{k_{d\sigma BB}^2 + k_{d\tau BB}^2}} = \frac{3,6 \cdot 19,7}{\sqrt{3,6^2 + 19,7^2}} = \underline{3,5} \quad (7.85)$$

Vrubový součinitel v průřezu C-C podle Neubera:

$$\beta_{CC} = 1 + \frac{\alpha_{\sigma CC} - 1}{1 + \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\rho_{CC}}}} = 1 + \frac{1,85 - 1}{1 + \frac{0,44}{\sqrt{4}}} = \underline{1,7} \quad (7.86)$$

$\alpha_{\sigma CC} = 1,85[-]$.. součinitel vrubu v ohybu [15]

$\sqrt{A} = 0,44[-]$.. Neuberova konstanta vrubové citlivosti pro materiál 11523 [26]

$\rho_{CC} = 4[-]$.. poloměr vrubu v Průřezu C-C

Mez únavy skutečné součásti v průřezu C-C:

$$\sigma_{coCC}^* = \sigma_{co} \cdot \frac{\varepsilon_{CC} \cdot \eta_{CC}}{\beta_{CC}} = 254,8 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,78}{1,7} = \underline{99,4MPa} \quad (7.87)$$

$\varepsilon_{CC} [-]$.. součinitel velikosti v průřezu C-C [15]

$\eta_{CC} [-]$.. součinitel jakosti povrchu v průřezu C-C [15]

$\beta_{CC} [-]$.. vrubový součinitel v průřezu C-C podle Neubera

Amplituda napětí v průřezu C-C:

$$\sigma_{aoCC} = \frac{32 \cdot M_{oC}}{\pi \cdot d_C^3} = \frac{32 \cdot 132864}{\pi \cdot 30^3} = \underline{50,1MPa} \quad (7.88)$$

Součinitel dynamické bezpečnosti v ohybu:

$$k_{d\sigma CC} = \frac{\sigma_{coCC}^*}{\sigma_{aoCC}} = \frac{99,4}{50,1} = \underline{1,9} \quad (7.89)$$

Součinitel statické bezpečnosti ve smyku:

$$k_{s\sigma CC} = \frac{0,577 \cdot Re}{\tau_{SCC}} = \frac{0,577 \cdot 333}{2,7417} = \underline{70} \quad (7.90)$$

Výsledná bezpečnost v průřezu C-C:

$$k_{VCC} = \frac{k_{d\sigma CC} \cdot k_{d\tau CC}}{\sqrt{k_{d\sigma CC}^2 + k_{d\tau CC}^2}} = \frac{1,9 \cdot 70}{\sqrt{1,9^2 + 70^2}} = \underline{1,9} \quad (7.91)$$

Vrubový součinitel v průřezu D-D podle Neubera:

$$\beta_{DD} = 1 + \frac{\alpha_{\sigma DD} - 1}{1 + \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\rho_{DD}}}} = 1 + \frac{2,55 - 1}{1 + \frac{0,44}{\sqrt{0,5}}} = \underline{2} \quad (7.92)$$

$\alpha_{\sigma DD} = 2,55[-]$... součinitel vrubu v ohybu [15]

$\sqrt{A} = 0,44[-]$... Neuberova konstanta vrubové citlivosti pro materiál 11523 [26]

$\rho_{DD} = 4[-]$... poloměr vrubu v Průřezu D-D

Mez únavy skutečné součásti v průřezu D-D:

$$\sigma_{CDD}^* = \sigma_{CO} \cdot \frac{\varepsilon_{DD} \cdot \eta_{DD}}{\beta_{DD}} = 254,8 \cdot \frac{0,95 \cdot 0,85}{2} = \underline{102,9 MPa} \quad (7.93)$$

$\varepsilon_{DD} [-]$...součinitel velikosti v průřezu D-D [15]

$\eta_{DD} [-]$... součinitel jakosti povrchu v průřezu D-D [15]

$\beta_{DD} [-]$... vrubový součinitel v průřezu D-D podle Neubera

Amplituda napětí v průřezu D-D:

$$\sigma_{aDD} = \frac{32 \cdot M_{OD}}{\pi \cdot d_D^3} = \frac{32 \cdot 45033}{\pi \cdot 20^3} = \underline{57,3 MPa} \quad (7.94)$$

Součinitel dynamické bezpečnosti v ohybu:

$$k_{d\sigma DD} = \frac{\sigma_{CDD}^*}{\sigma_{aDD}} = \frac{102,9}{57,3} = \underline{1,8} \quad (7.95)$$

Součinitel statické bezpečnosti ve smyku:

$$k_{s\tau DD} = \frac{0,577 \cdot Re}{\tau_{SDD}} = \frac{0,577 \cdot 333}{7,3052} = \underline{26,3} \quad (7.96)$$

Výsledná bezpečnost v průřezu D-D:

$$k_{VDD} = \frac{k_{d\sigma DD} \cdot k_{d\tau DD}}{\sqrt{k_{d\sigma DD}^2 + k_{d\tau DD}^2}} = \frac{1,8 \cdot 26,3}{\sqrt{1,8^2 + 26,3^2}} = \underline{1,9} \quad (7.97)$$

Tab. 11 Výsledná dynamická bezpečnost

Průřez	Výsledná bezpečnost
A-A	2,4
B-B	3,5
C-C	1,9
D-D	1,9

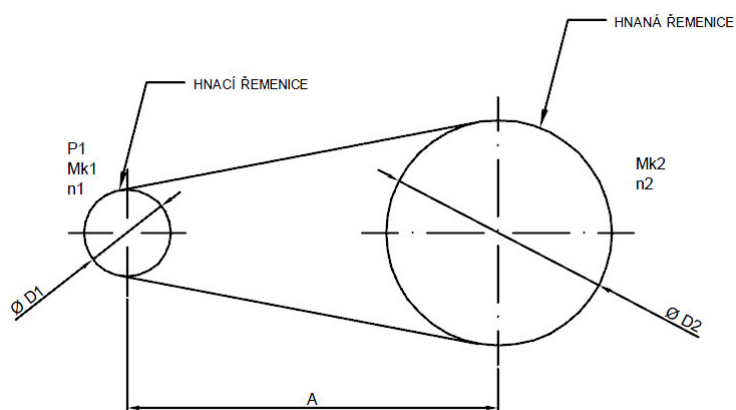
Výsledná dynamická bezpečnost je ve všech kritických průřezích vyšší než 1,5, tedy vyhovuje.

Pevnostní analýza hřídele

Pevnostní analýzu jsem provedl metodou MKP v programu Autodesk Inventor Professional 2013. Výsledky viz příloha A.

7.13 Návrh řemenového převodu

Vstupními parametry pro návrh řemenového převodu je výkon frézy, průměr řemenice traktoru a otáčky řemenice traktoru. Dále postupuji podle návrhu řemenového převodu ČSN 02 3114.



Obr. 50 Schéma řemenového převodu

Dané hodnoty:

$$P_1 = 4,446 \text{ kW}$$

$$D_1 = 125 \text{ mm}$$

$$n_1 = 2500 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n_2 = 1450 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{ŘEMEN} - \text{SPA} \text{ ČSN023112 [15]}$$

Výpočet převodového poměru:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{2500}{1450} = \underline{1,72} \quad (7.98)$$

Výpočet průměru hnané řemenice a určení normalizované velikosti výpočtového průměru:

$$D_2 = D_1 \cdot i = 125 \cdot 1,72 = \underline{215mm} \quad (7.99)$$

Skutečný převodový poměr s ohledem pro kluz:

$$i_{SK} = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1-s)} = \frac{215}{125 \cdot (1-0,02)} = \underline{1,76}$$

$$s = 0,01 \text{Rekord}, s = 0,02 \text{Industrial} \quad (7.100)$$

Výpočet obvodových rychlostí řemenic:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60} = \frac{\pi \cdot 0,125 \cdot 2500}{60} = \underline{16,36m \cdot s^{-1}}$$

$$v_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_2}{60} = \frac{\pi \cdot 0,215 \cdot 1450}{60} = \underline{16,32m \cdot s^{-1}} \quad (7.101)$$

Určení osové vzdálenosti řemenic:

$$A_{MIN} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (D_2 + D_1) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (215 + 125) = \underline{240,4mm} \quad (7.102)$$

$$A_{MAX} = 2 \cdot (D_1 + D_2) = 2 \cdot (125 + 215) = \underline{680mm} \quad (7.103)$$

Volím: $A = \underline{500mm}$

Určení délky řemene:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot A} = \frac{215 - 125}{2 \cdot 500} \Rightarrow \alpha = 171,4 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = \underline{85,7^\circ} \quad (7.104)$$

$$\gamma = 90 - \frac{\alpha}{2} = 90 - 85,7 = \underline{4,3^\circ} \quad (7.105)$$

$$L'_P = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_2 - D_1)$$

$$L'_P = 2 \cdot 500 \cdot \sin 85,7 + \frac{\pi}{2} \cdot (125 + 215) + \frac{\pi \cdot 4,3}{180} \cdot (215 - 125) = \underline{1513,3mm} \quad (7.106)$$

Volím výpočtovou délku z normalizované řady dle ČSN 02 3112: $L_P = \underline{1600mm}$

Výpočet skutečné osově vzdálenosti:

$$A_{SKUT} = \frac{1,04 \cdot L_p - \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) - \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_2 - D_1)}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$A_{SKUT} = \frac{1,04 \cdot 1600 - \frac{\pi}{2} \cdot (125 + 1215) - \frac{\pi \cdot 4,3}{180} \cdot (215 - 125)}{2 \cdot \sin 85,7}$$

$$A_{SKUT} = \underline{570mm} \quad (7.107)$$

Kontrola počtu řemenů:

$$K = \frac{P_1 \cdot c_2}{P_R \cdot C_1 \cdot C_3} = \frac{4,446 \cdot 1,1}{6,34 \cdot 0,98 \cdot 0,93} = \underline{0,846 \Rightarrow 1 \text{ řemen}} \quad (7.108)$$

$P_R = 6,34[kW]$.. Výkon přenesený jedním řemenem

$C_1 = 0,98[-]$.. Součinitel úhlu opásání [15]

$C_2 = 1,1[-]$.. Součinitel provozního zatížení [15]

$C_3 = 0,93[-]$.. Součinitel délky řemene [15]

Výpočet předpětí řemene:

$$Mk = \frac{P_1}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{4,446}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1450}{60}} = \underline{18,46N \cdot m} \quad (7.109)$$

$$F = \frac{2 \cdot Mk}{D_1} = \frac{2 \cdot 18,46}{0,125} = \underline{295,36N} \quad (7.110)$$

$$F_0 = k \cdot \frac{F}{2} \cdot \frac{e^{f_k \cdot \bar{\alpha}} + 1}{e^{f_k \cdot \bar{\alpha}} - 1} = 1,5 \cdot \frac{295,36}{2} \cdot \frac{e^{1,867 \cdot 2,991} + 1}{e^{1,867 \cdot 2,991} - 1} = \underline{223,2N}$$

$$k = 1,5 \quad (7.111)$$

$$f_k = \frac{f}{\sin \frac{\alpha_R}{2}} = \frac{0,546}{\sin \frac{34}{2}} = \underline{1,867} \quad (7.112)$$

$\alpha_R = 34[^\circ]$.. Úhel boků řemene [15]

$$f = f_0 + 0,012 \cdot v_1 = 0,35 + 0,012 \cdot 16,36 = \underline{0,546}$$

$$\bar{\alpha} = 2,991rad \quad (7.113)$$

$f_0 = 0,35[-]$.. Součinitel tření mezi řemenem a řemenicí [23]

RĚMEN SPA – 1618 ČSN 02 3112

Výsledkem návrhu je délka řemene SPA 1618mm dle ČSN 02 3112.

7.14 Výpočet životnosti ložisek

Životnost krajního ložiska šneku SKF 61709

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} = \left(\frac{4,75}{0,667}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{270 \cdot 60} = \underline{22294 \text{ hod.}} \quad (7.114)$$

$P = 0,667 \text{ kN}$... Ekvivalentní zatížení ložiska [22]

$F_R = 21,45 \text{ N}$... Radiální síla zatěžující ložisko

$F_a = 396,65 \text{ N}$... Axiální síla zatěžující ložisko

$C = 4,75 \text{ kN}$... Dynamická únosnost ložiska [22]

Životnost ložiska turbíny SKF 6305

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} = \left(\frac{23,4}{1,53}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{1450 \cdot 60} = \underline{41120 \text{ hod.}} \quad (7.115)$$

$P = 1,53 \text{ kN}$... Ekvivalentní zatížení ložiska [23]

$F_R = 1533,99 \text{ N}$... Radiální síla zatěžující ložisko

$F_a = 0 \text{ N}$... Axiální síla zatěžující ložisko

$C = 23,4 \text{ kN}$... Dynamická únosnost ložiska [23]

Životnost ložisek ve šnekové převodovce

Ložiska SKF 61908

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} = \left(\frac{13,8}{0,779}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{270 \cdot 60} = \underline{343170 \text{ hod.}} \quad (7.116)$$

$P = 0,779 \text{ kN}$... Ekvivalentní zatížení ložiska [23]

$F_R = 78,95 \text{ N}$... Radiální síla zatěžující ložisko

$F_a = 396,65 \text{ N}$... Axiální síla zatěžující ložisko

$C = 13,8 \text{ kN}$... Dynamická únosnost ložiska [23]

Ložisko SKF 16003:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} = \left(\frac{6,37}{0,434}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{1450 \cdot 60} = \underline{36343 \text{ hod.}} \quad (7.117)$$

$P = 0,434 \text{ kN}$... Ekvivalentní zatížení ložiska [23]

$F_R = 434,45 \text{ N}$... Radiální síla zatěžující ložisko

$F_a = 0 \text{ N}$... Axiální síla zatěžující ložisko

$C = 6,37 \text{ kN}$... Dynamická únosnost ložiska [23]

Ložisko 6006:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} = \left(\frac{13,8}{1,13}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{1450 \cdot 60} = \underline{20935 \text{ hod.}} \quad (7.118)$$

$P = 1,13 \text{ kN}$... Ekvivalentní zatížení ložiska [23]

$F_R = 1106,16 \text{ kN}$... Radiální síla zatěžující ložisko

$F_a = 272 \text{ N}$... Axiální síla zatěžující ložisko

$C = 13,8 \text{ kN}$... Dynamická únosnost ložiska [23]

Životnost ložisek v kuželové převodovce

Ložisko 4205:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} = \left(\frac{19}{0,936}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{1450 \cdot 60} = \underline{96142 \text{ hod.}} \quad (7.119)$$

$P = 0,936 \text{ kN}$... Ekvivalentní zatížení ložiska [22]

$F_R = 352,683 \text{ N}$... Radiální síla zatěžující ložisko

$F_a = 373,244 \text{ N}$... Axiální síla zatěžující ložisko

$C = 19 \text{ kN}$... Dynamická únosnost ložiska [22]

Ložisko 6005:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} = \left(\frac{11,9}{0,373}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{1450 \cdot 60} = \underline{373245 \text{ hod.}} \quad (7.120)$$

$P = 0,373 \text{ kN}$... Ekvivalentní zatížení ložiska [22]

$F_R = 373,244 \text{ N}$... Radiální síla zatěžující ložisko

$F_a = 57,323 \text{ N}$... Axiální síla zatěžující ložisko

$C = 11,9 \text{ kN}$... Dynamická únosnost ložiska [22]

Všechna ložiska převyšují požadovanou životnost 20000 hodin. Některé ložiska jsou předimenzované, ale z konstrukčního hlediska nešly použít menší.

7.15 Kontrola per na otlačení

Pero pod šnekovým kolem

Výpočet síly F_1 působící na část pera:

$$F_1 = \frac{M_k}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{17930}{\frac{44}{2} + \frac{3,1}{2}} = \underline{1323,2 \text{ N}} \quad (7.121)$$

Určení výpočtové délky pera:

$$l' = l - 2 \cdot R = 20 - 2 \cdot 6 = \underline{8mm} \quad (7.122)$$

Kontrola měrného tlaku:

$$p_1 = \frac{F_1}{t_1 \cdot l'} \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{1323,2}{3,1 \cdot 8} = \underline{53,35MPa \leq 100MPa} \quad (7.123)$$

Pero pod šnekem

Výpočet síly F_1 působící na část pera:

$$F_1 = \frac{M_k}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{3400}{\frac{20}{2} + \frac{2,5}{2}} = \underline{302,2N} \quad (7.124)$$

Určení výpočtové délky pera:

$$l' = l - 2 \cdot R = 40 - 2 \cdot 3 = \underline{34mm} \quad (7.125)$$

Kontrola měrného tlaku:

$$p_1 = \frac{F_1}{t_1 \cdot l'} \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{302,2}{2,5 \cdot 34} = \underline{3,55MPa \leq 100MPa} \quad (7.126)$$

Pera pod kardanovým kloubem

Výpočet síly F_1 působící na část pera:

$$F_1 = \frac{M_k}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{29300}{\frac{16}{2} + \frac{2,1}{2}} = \underline{3237,9N} \quad (7.127)$$

Určení výpočtové délky pera:

$$l' = l - 2 \cdot R = 22 - 2 \cdot 2,5 = \underline{17mm} \quad (7.128)$$

Kontrola měrného tlaku:

$$p_1 = \frac{F_1}{t_1 \cdot l'} \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{3237,6}{2,1 \cdot 17} = \underline{90,6MPa \leq 100MPa} \quad (7.129)$$

Pera pod hnanou řemenicí

Výpočet síly F_1 působící na část pera:

$$F_1 = \frac{M_k}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{29300}{\frac{20}{2} + \frac{2,5}{2}} = \underline{2604,4N} \quad (7.130)$$

Určení výpočtové délky pera:

$$l' = l - 2 \cdot R = 14 - 2 \cdot 3 = \underline{8mm} \quad (7.131)$$

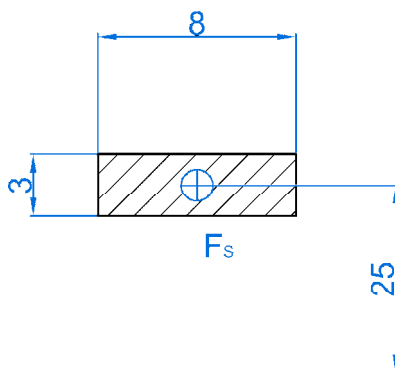
Kontrola měrného tlaku:

$$p_1 = \frac{F_1}{t_1 \cdot l'} \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{2604,4}{2 \cdot 2,5 \cdot 8} = \underline{77,5MPa \leq 100MPa} \quad (7.132)$$

Všechna pera vyhovují namáhání měrným tlakem.

7.16 Kontrola čepů v kardanovém kloubu



Obr. 51 Schéma zatížení čepu

$$F_s = \frac{Mk}{D_s} = \frac{29300}{25} = \underline{1172N} \quad (7.133)$$

$$p = \frac{F_s}{S} = \frac{1172}{24} = \underline{49MPa \leq 100MPa}$$

Čepy kardanového kloubu vyhovují kontrole na otlačení.

8 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout přídatnou sněhovou frézu, kterou bude možné připojit před zahradní traktor. Součástí práce je částečná výkresová dokumentace a 3D model zařízení se všemi díly.

V samotné práci je první část věnována k seznámení s typy vyráběných fréz. Další část je praktická, věnovaná konstrukčnímu řešení a výpočtům.

Při návrhu jsem využil obecný postup konstruování. Upřesnil požadavky, požadovaným funkcím zvolil nejvhodnější orgány plnící funkci a načrtl hrubou stavební strukturu.

V kapitole konstrukční řešení jsou popsány jednotlivé části konstrukce a doplněny obrázky modelu. Konstruované části a díly jsou navrhovány výpočty nebo výpočtem kontrolovány. Jedná se především o návrh plechového šasi, nosné konstrukce, podávacích šneků, metací turbíny, vyhazovacího komínu a náhonu. Při navrhování jsem vycházel ze zadaných hodnot a využíval odbornou literaturu.

Navržená fréza je dvoustupňová, vybavená podávacími šneky a turbínou z důvodu vyšší výkonnosti. Vše je uloženo v plechovém šasi, které nese nosná konstrukce připojená k traktoru. Konstrukce umožňuje nezávislý pohyb vůči traktoru, z důvodu kopírování terénu a možnosti nadzvednutí pomocí páky. Fréza je poháněna od řemenice traktoru. Na hnací hřídel se dostává moment přes kuželovou převodovku a kardanový kloub. Lopatky turbíny jsou uloženy na hnací hřídeli. Podávací šneci se pohání hřídelí přes šnekovou převodovku, ve které dojde ke značnému snížení otáček. Sníh je vyhazován komínem, který je možné ovládat z místa řidiče traktoru.

V příloze se nachází pevnostní analýza hnací hřídele, rozměrový a pevnostní výpočet šnekového a kuželového soukolí.

Tab. 12 Parametry navržené frézy

Výkon	4,3kW
Záběr	1120mm
Maximální pojezdová rychlost	1,3km/h
Max. vrstva sněhu	300mm
Hmotnost	62,7kg

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Wikipedie: Sníh. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-12-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sn%C3%ADh#Mechanick.C3.A9>
- [2] Vlastnosti sněhu: *Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci* [online]. 2004 [cit.2013-12-30]. Dostupné z: <http://ekologie.upol.cz/ku/zhoek/kurz2004/vlastnosti.pdf>
- [3] Sníh - jak to s ním vlastně je?. *Infoglobe* [online]. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://www.infoglobe.cz/lyzarsky-pruvodce/snih-jak-to-snim-vlastne-je/>
- [4] Wikipedie. Sněhová fréza [online]. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Sn%C4%9Bhov%C3%A1_fr%C3%A9za

- [5] Jeřábek K, Helebrant F, Jurman J, Voštová V, Stroje pro zemní práce silniční stroje. 1. Vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Strojní fakulta, 1996. 467 s. ISBN: 80-7078-389-3
- [6] *Sněhové frézy: Namir* [online]. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://www.namir.cz/snehove-frezy/>
- [7] Hobby - Planeta: Sněhové frézy [online]. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://www.hobby-planeta.cz/snehove-frezy/>
- [8] Jak správně vybrat frézu. Český kutil [online]. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://www.ceskykutil.cz/jak-si-spravne-vybrat-snehovou-frezu>
- [9] Sněhové frézy elektrické. *Mountfield* [online]. 2013 [cit. 2013-12-31]. Dostupné z: <http://www.mountfield.cz/snehove-frezy-elektricke>
- [10] Sněhové frézy elektrické. *Mountfield* [online]. 2013 [cit. 2013-12-31]. Dostupné z: <http://www.mountfield.cz/snehove-frezy-benzinove>
- [11] Hybridní sněhová fréza. *Honda stroje* [online]. 2012 [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: <http://www.hondastroje.cz/katalog-produktu/snehove-frezy/hybridni-pasove-snehove-frezy/produkt/honda-hsm-1390ik1-ze.html>
- [11] Sněžná fréza k travním traktorům. *RYKOV* [online]. 2013 [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: <http://www.rykov.cz/index.php?oid=219523>
- [12] Příslušenství k Traktorům UTV a Čtyřkolkám ATV. Tm-racing [online]. 2013 [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: <http://www.moto-enduro.sumperk.net/16849/prislusenstvi-k-emu-utv--atv/>
- [13] Zimní a letní komunální technika. SIMED [online]. 2013 [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: <http://www.simed.cz/sortiment/snehove-bubnove-frezy-19/>
- [14] Zemědělská technika. N.O.P.O.Z.M [online]. 2013 [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: <http://www.nopozm.cz/snehova-freza>
- [15] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: [i] Strojnické tabulky.[/i] 4. vydání. Úvaly: Albrapedagogické nakladatelství, 2008, ISBN 978-80-7361-051-7
- [16] Polák, J., Pavliska, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení II. Skriptum VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2001
- [17] Hydraulika potrubí. In: Hydraulika [online]. 2007 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika>
- [18] Dovolená napětí. In: Dovolená napětí [online]. 2010 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.spssol.cz/~vyuka/UCITELE/NE/>
- [19] Kadrnožka, J.: Teorie lopatkových strojů. Ediční středisko VUT. Brno, 1991.
- [20] KALAB, K.: [i] Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací.[/i] 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8

- [21] NĚMČEK, M.: [i] Řešené příklady ČaMS Spoje.[/i] 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8
- [22] SKF [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/index.html>
- [23] Součinitel smykového tření [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://wiki.unas.cz/wikipedia/s/so/souae_initel_smykova_ho_ta_ena_.html
- [24] DEJL, Z. Konstrukce strojů a zařízení I. Ostrava.: Montanex, 2000, 225 s. ISBN 80-7225-018-3
- [25] Havlík, J.: Výpočty a konstrukce strojních dílů. Ostrava, 2008. Skriptum. VŠB-TUO.
- [26] Stanovení únavových křivek součástí zadaného tvaru a materiálu pomocí součinitelů: Výpočty technického života strojních součástí. Ostrava, 2008.
- [27] HUBKA, Prof.DR.-ING Vladimír a Doc.Ing. Stanislav HOSNEDL. Konstrukční nauka: Obecný model postupu při konstruování. 2. vyd. Zurich: HEURISTA, 1995. ISBN 80-90 1135-0-8.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Hnací hřídel - Pevnostní analýza	
Příloha B	Šnekové soukolí - Návrh ozubení	
Příloha C	Kuželové soukolí - Návrh ozubení	
Příloha D	Sestavný výkres - Sněhová fréza (1xA0)	F-POL0035-1-SA0
Příloha E	Sestavný výkres - Šasi (1xA2)	F-POL0035-2-SA2
Příloha F	Sestavný výkres - Ovládací páka (1xA3)	F-POL0035-9-SA3
Příloha G	Výrobní výkres - Ložiskový domek (1xA3)	F-POL0035-17-VA3
Příloha H	Výrobní výkres - Kuželový pastorek (1xA3)	F-POL0035-81-VA3
Příloha I	Datový disk - CAD model, přílohy, DP v elektronické podobě, poster	

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma sněhové frézy [5]	17
Obr. 2 Jednostupňová fréza [7]	18
Obr. 3 Dvoustupňová fréza [7]	18
Obr. 4 Třístupňová fréza [6]	19
Obr. 5 Automobilová dvoustupňová fréza [13]	19
Obr. 6 Dvoušneková traktorová fréza [14]	20
Obr. 7 Vega L56[7]	21
Obr. 8 Hecht 9013 [7]	22
Obr. 9 Sno-Trek 20 [10]	23
Obr. 11 Honda HSM 1390i K1 ZE [11]	24

Obr. 12 Příkladná fréza Rykov [11]	25
Obr. 13 Sněhová fréza UTV/ATV [12]	26
Obr. 14 Funkční struktura.....	28
Obr. 15 Morfologická matice.....	29
Obr. 16 Orgánová struktura.....	29
Obr. 17 Hrubá stavební struktura	30
Obr. 18 Úplná stavební struktura.....	30
Obr. 19 Sněhová fréza na traktoru	31
Obr. 20 Plechové šasi	31
Obr. 21 Nosná konstrukce.....	32
Obr. 22 Detail upevnění páky	32
Obr. 25 Pojezdová kola a lyže	33
Obr. 26 Připojení frézy k traktoru.....	33
Obr. 27 Podávací šnek.....	34
Obr. 28 Krajiní uložení šneku	34
Obr. 31 Šneková převodovka	35
Obr. 32 Metací turbína	36
Obr. 33 Uložení turbíny	36
Obr. 37 Vyhazovací komín	37
Obr. 38 Uložení vyhazovacího komínu	37
Obr. 39 Objímka.....	38
Obr. 40 Ovládání komínu	38
Obr. 41 Táhlo	39
Obr. 48 Rozstřel kardanového kloubu	40
Obr. 50 Kuželová převodovka	40
Obr. 52 Napínání řemene.....	41
Obr. 23 Schéma výpočtu zdvihu	42
Obr. 24 Síly na páce.....	42
Obr. 29 Schéma šneků.....	43
Obr. 30 Rozložení sil na kolíku	45
Obr. 34 Schéma průměrů turbíny	47
Obr. 35 Schéma sil turbíny	48
Obr. 36 Schéma zatížení kolíku.....	49
Obr. 42 Schéma rychlostí	50
Obr. 43 Balistické křivky mokrého sněhu	51
Obr. 44 Balistické křivky zmrzlého sněhu	52
Obr. 45 Hnací hřídel	52

Obr. 46 Průběh ohybového momentu.....	52
Obr. 47 Průběh krouticího momentu.....	53
Obr. 51 Schéma řemenového převodu.....	59
Obr. 49 Schéma zatížení čepu	65

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Hustota sněhu [3].....	16
Tab. 2: Průměrná velikost zrn sněhu [2].....	16
Tab. 3 Vlhkost sněhu [3]	16
Tab. 4 Parametry frézy Vega L56 [7].....	21
Tab. 5 Parametry HECHT 9013 [7]	22
Tab. 6 Parametry Sno-Trek 20 [10].....	23
Tab. 8 Parametry HSM 1390i K1 ZE [11]	24
Tab. 9 Parametry frézy Rykov [11].....	25
Tab. 10 Parametry frézy UTV/ATV [12].....	26
Tab. 11 Statická bezpečnost	55
Tab. 12 Výsledná dynamická bezpečnost	59
Tab. 13 Parametry navržené frézy	66